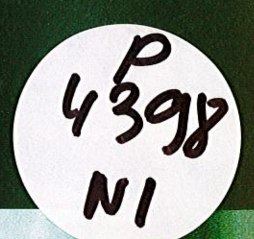
INRA magazine

Alimentation
Agriculture
Environnement

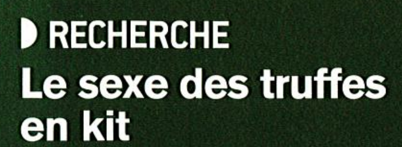


N°15 - DÉCEMBRE 2010

DOSSIER

Biotechnologies vertes : de nouvelles pistes pour répondre aux défis de l'agriculture

091404



RECHERCHE
Le sexe des truffes en kit



REPORTAGE
Passeport pour la recherche

HORIZON
Expertise et prospective pour éclairer la société

sommaire

Chers lecteurs,

Nous avons perdu l'un des nôtres. Xavier Leverve, directeur scientifique « Alimentation » de l'Inra, nous a quittés, à l'issue d'un long combat contre la maladie. Le choc de sa disparition est d'autant plus terrible qu'il a fait montre d'une incroyable force morale, restant présent par ses avis précieux et ses conseils, nourrissant l'espoir de tous ses collègues et amis jusqu'au dernier jour.

Entré à l'Inra en 2002 comme chef du département « Alimentation humaine » avant d'être nommé directeur scientifique « Nutrition humaine et sécurité des aliments » en 2004, puis directeur scientifique « Alimentation » en 2009, ce brillant médecin et chercheur a contribué à affirmer le positionnement de notre Institut sur les questions alimentaires et nutritionnelles. Il représentait d'ailleurs l'Inra en tant que directeur adjoint de l'Institut « Circulation, métabolisme, nutrition » au sein d'Aviesan, l'alliance nationale pour les sciences de la vie et la santé depuis 2008, et présidait la fondation « Alimentation et santé ».

Alors que l'Inra élaborait ses orientations scientifiques 2010 - 2020, Xavier disait que celles-ci devaient être envisagées dans une optique de développement durable et de mondialisation des échanges, faute de quoi les meilleures intentions scientifiques dans le domaine de l'alimentation buteraient sur des réalités incontournables. Cette approche, qu'il décrivait comme un « compromis au sens noble du terme », était portée par un homme passionné, dont l'humanité et la clairvoyance scientifique nous manqueront.

Marion Guillou
Présidente



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07
www.inra.fr

Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial** : Jean-François Launay. **Directeur de la rédaction** : Antoine Besse. **Rédactrice en chef** : Pascale Mollier. **Rédaction** : Géraud Chabriat, Magali Sarazin, Brigitte Cauvin, Ana Poletto, Catherine Foucaud-Scheunemann. **Photothèque** : Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Couverture** : Photo : Christophe Maître. **Maquette** : Patricia Perrot. **Conception initiale** : Citizen Press - www.citizen-press.fr. **Impression** : Imprimerie CARACTERE. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement. **Dépôt légal** : décembre 2010.

Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr





ISSN : 1958-3923



© Inra / Bertrand Nicolas

Adaptation au changement climatique : la recherche s'organise

A l'occasion du premier colloque scientifique organisé en France, en octobre 2010, sur l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes gérés ou affectés par les activités humaines, l'Inra a annoncé le lancement d'un « métaprogramme » sur ce thème. Le but : faire travailler ensemble les chercheurs de diverses disciplines autour de grands enjeux et favoriser les partenariats à l'échelle nationale, européenne et internationale.

Face au changement climatique, coexistent deux stratégies d'action : l'atténuation, qui vise à limiter l'augmentation de l'effet de serre en réduisant les émissions de « gaz à effet de serre » ou en favorisant la séquestration de carbone, et l'adaptation des écosystèmes agricoles au réchauffement global et à l'instabilité accrue du climat.

L'agriculture et les forêts devront s'adapter

Dans cette dualité atténuation/adaptation, les programmes nationaux ont jusqu'ici privilégié la première approche. En clôture du colloque, Wolfang Cramer (1), membre du GIEC, plaide pour l'adaptation : « *Il est très important de faire comprendre que l'adaptation des écosystèmes et des agro-écosystèmes au changement climatique est d'ores et déjà inéluctable. L'avancée des connaissances nous indique que les impacts décrits par le GIEC, il y a cinq ans, étaient probablement sous-estimés. Pour les agro-écosystèmes les plus vulnérables, la limite qui nous sépare de bouleversements majeurs n'est plus très loin. La sensibilité des rendements face au changement climatique dans certaines zones en Afrique, par exemple, est très inquiétante en termes de sécurité alimentaire. D'une manière générale, les populations qui vivent d'une agriculture de subsistance sont potentiellement plus exposées aux perturbations entraînées par le climat* ».

Ce qui pourrait apparaître comme du fatalisme requiert en fait volontarisme et anticipation. Les priorités de recherche définies pour le métaprogramme « Adaptation au changement climatique de l'agriculture et de la forêt »

(ACCAF) s'appuient sur un atelier de réflexion prospective ANR animé par l'Inra en 2009 (2). Elles comprennent une phase d'analyse : quels risques sont associés aux épisodes extrêmes, quels impacts régionaux, quels effets sur la biodiversité et les bioagresseurs, quelle capacité d'adaptation des filières ? Puis sont abordées les innovations nécessaires : adaptation génétique des espèces à de nouvelles conditions climatiques (sécheresse, présence accrue de CO_2 dans l'atmosphère), évolution des systèmes de culture ou d'élevage, solutions de soutien aux filières (décisions d'investissements, politiques publiques de gestion des risques, systèmes d'alerte etc.). La démarche pluridisciplinaire, marque de fabrique des métaprogrammes, se justifie pleinement sur ce thème, par exemple pour concevoir des modèles de transformation des systèmes de production en combinant biologie, écologie, biophysique, agronomie, sciences économiques et sociales.



© Inra / Sylvie Toillon

CONGRÈS INTERDISCIPLINAIRE - ACCAE (Adaptation au Changement Climatique de l'Agriculture et des Ecosystèmes) 20-22 octobre 2010 - Clermont-Ferrand. Table ronde 1 : Jean-François Soussana, Maryline Loquet, Vincent Gitz.

Travailler à différentes échelles géographiques

Il faut pouvoir raisonner aussi bien à l'échelle régionale (et, à ce titre, améliorer la résolution spatiale des modèles d'impact du changement climatique) qu'à des échelles plus larges. C'est pourquoi le métaprogramme ACCAF s'inscrit dans des niveaux de coordination nationaux, européens et internationaux, emboîtés à la manière de poupées gigognes.

A l'échelle nationale, il contribuera aux travaux d'AllEnvi (3) et de son groupe thématique « Changement global et climat ».

A l'échelle européenne, le métaprogramme fera pleinement partie de l'initiative de programmation conjointe « FACCE » (4), qui organise la coordination entre les programmes nationaux des Etats membres. Jean-Marc Guehl (5) en souligne l'enjeu : « *Au-delà de la rationalisation des efforts de recherche entre États membres, la dimension européenne constitue souvent la bonne échelle d'analyse pour comprendre les phénomènes. Certaines dynamiques écologiques comme les flux de gènes, la migration des espèces ou la progression des bioagresseurs n'apparaissent bien qu'à l'échelle continentale. Les partenariats internationaux fournissent aussi une vision prédictive intéressante. On sait par exemple que le climat méditerranéen aura tendance à s'étendre vers le Nord et l'Ouest. Les études sur ce climat peuvent donc nous permettre d'anticiper les futures conditions de cultures et les capacités d'adaptation de certaines zones françaises. Il est donc indispensable d'intensifier nos partenariats afin notamment de valoriser tous les réseaux d'observatoires environnementaux sur le long terme présents en Europe et dans le monde* ».

Enfin, à l'échelle internationale, l'initiative FACCE établit des contacts avec différents programmes comme la GRA (6), initié en 2009 par la Nouvelle-Zélande et axé sur les effets de serre, ou le CCAFS (7), plus explicitement dédié aux problèmes de l'alimentation mondiale.

Pascale Mollier

(1) Professeur d'écologie globale au Postdam Institute for Climate Impact Research. Il coordonne le chapitre sur les impacts du changement climatique dans le prochain rapport du GIEC, à paraître en 2014. GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur le changement climatique.

(2) Atelier de réflexion prospective ADAGE, conclu en 2009 (projet ANR, 150 experts pluridisciplinaires). https://www1.clermont.inra.fr/adage

(3) AllEnvi est une Alliance nationale de recherche, qui a pour objectif de bâtir une programmation coordonnée sur le thème de l'environnement au niveau national. Abordant principalement les thèmes de l'alimentation, de l'eau, du climat et des territoires, elle élabore des priorités qu'elle soumet au gouvernement et aux agences de financement françaises et européennes. AllEnvi associe douze acteurs de recherche : BRGM, CEA, Cemagref, Cirad, CNRS, CPU, Ifremer, Inra, IRD, LCPC, Météo France et MNH.

(4) L'initiative « Agriculture, sécurité alimentaire, et changement climatique » (en anglais JPI FACCE), animée par l'Inra et le BBSRC, réunit une vingtaine de pays européens (+Israël et Turquie). Voir Inra magazine n°14 rubrique « Regard ». www.faccejpi.com

(5) Directeur du département « Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques » de l'Inra, en charge du métaprogramme ACCAF.

(6) GRA : The Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases.

(7) CCAFS : Climate Change, Agriculture and Food Security, initiative lancée en 2010 par le CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) et l'ESSP (Earth System Science Partnership).

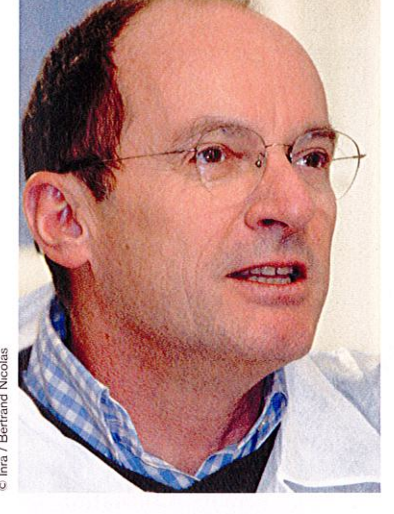
Mobiliser toutes les disciplines : les métaprogrammes

Les métaprogrammes organisent une programmation pluridisciplinaire au sein de l'Inra et de ses partenaires sur une thématique donnée. Ils mobilisent plusieurs départements de l'Institut sur une longue durée (5 à 10 ans). A terme, ils représenteront 30 % des forces de recherche de l'Inra.
Six métaprogrammes sont d'ores et déjà identifiés pour la période 2010-2020.

- *Gestion intégrée de la santé des plantes*
- *Gestion intégrée de la santé animale*
- *Sélection génomique*
- *Métagénomique des écosystèmes microbiens*
- *Déterminants et effets des comportements alimentaires*
- *Adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique.*

+d'infos
web :
www.inra.fr/la_science_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique

Expertise et prospective pour éclairer les enjeux de la société


© Inra / Bertrand Nicolas

Philippe Chemineau analyse les missions de la délégation à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études (DEPE), unité qu'il dirige depuis sa création à l'Inra en juin 2010.

Pourquoi regrouper l'expertise et la prospective, deux unités jusque-là distinctes (1) ?

Philippe Chemineau : Cela répond à une volonté de la Présidente de l'Inra qui souhaitait ainsi renforcer notre capacité à soutenir l'élaboration des politiques publiques et améliorer l'appropriation par les scientifiques de l'Inra des débats entre la science et la société. La DEPE a ainsi été créée et a ensuite été renforcée. Elle comprend maintenant une quinzaine de personnes, ce qui nous a permis d'augmenter le nombre de projets traités.

Expertise et prospective sont en fait étroitement liées. L'expertise, ou plus exactement l'expertise scientifique, pour la distinguer d'autres formes d'expertises (expertise judiciaire, d'un dommage pour une réparation, etc.) dresse un état des lieux, en réponse à une saisine des ministères (généralement de l'agriculture et de l'environnement), et analyse un corpus scientifique certifié pour répondre à une question complexe qui fait débat dans la société. Par « certifié », on se réfère aux publications scientifiques à comité de lecture (évaluation par les pairs). Lorsque les sources certifiées n'existent pas, par exemple dans le cas de sujets nécessitant une déclinaison territoriale, on peut se baser sur des comptes-rendus d'activités, des rapports techniques, des résultats de modélisations, etc. On parle alors plutôt d'« étude». La prospective, quant à elle, imagine des futurs possibles en présentant leurs contenus, leurs enjeux, ainsi que les conditions pour y parvenir. La méthode la plus utilisée décline des scénarios entre deux extrêmes : un renforcement des tendances existantes et une situation de rupture.

Les conclusions d'une expertise aident les décideurs de notre société mais comment l'Inra s'en empare ?

P. C. : L'expertise, en distinguant les acquis, les incertitudes et les controverses, permet d'éclairer la décision publique. La prospective est moins liée aux commandes publiques. Toutes deux en revanche sont nécessaires à l'Institut pour définir ses orientations de recherche, parce qu'elles dégagent de grandes questions de recherche ou mettent en évidence de nouveaux fronts de science. C'est ce que j'appelle le « chaînage stratégique ». Regardons par exemple les métaprogrammes (2) que l'Inra pilote pour les dix prochaines années. Celui qui s'intitule « Déterminants et effets des comportements alimentaires » s'inspire directement des conclusions rendues en juin 2010 à la suite de l'expertise scientifique collective. Le métaprogramme « Gestion intégrée de la santé des plantes » utilise autant les conclusions de la prospective ENDURE sur la protection des cultures en Europe en 2030 que les résultats de l'expertise scientifique collective « Pesticides, agriculture et environnement » (3) et de l'étude « Écophyto R&D : Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides » (4). Là encore, deux bouts d'une chaîne sont liés : l'appropriation des travaux de la DEPE au sein de l'Inra passera par l'implication toujours plus en amont des chercheurs.

L'Inra a adopté la charte nationale de l'expertise scientifique institutionnelle. Qu'est-ce que cela va changer ?

P. C. : La principale nouveauté introduite par rapport à la charte dont l'Inra s'était déjà doté en 2007 est de permettre une activité d'expertise institutionnelle individuelle. Le but est de répondre dans un cadre clair à certaines demandes d'expertise dont le périmètre est assez resseré pour qu'un seul chercheur puisse les prendre en charge. Elle formalise aussi certaines de nos procédures, comme la déclaration d'intérêt, dans laquelle chaque expert rend publics ses liens avec les entreprises qui lui ont confié des contrats. D'une façon générale, nous sommes attachés, comme l'entérine l'adoption de cette charte, à la transparence et à la qualité de nos procédures. ●

Propos recueillis par Magali Sarazin

(1) Pour mémoire, l'Inra s'est doté dès 2002 d'une unité d'expertise scientifique collective et dès 2007 d'une unité prospective.
(2) Programmes de recherche pluridisciplinaires impliquant plusieurs départements de l'Inra et leurs partenaires.
(3) « Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux », décembre 2005.
(4) Les résultats de cette étude ont été présentés en janvier 2010.

+d'infos

en cours :

- **Expertises scientifiques collectives :**
  - Flux d'azote et élevages
  - Variétés tolérantes aux herbicides
- **Prospectives :**
  - Devenir du Massif des Landes de Gascogne
  - Agrimonde 2, agricultures et alimentations du monde en 2050. Scénarios et défis pour un développement durable.

web :
http://media.enseignementsuprecherche.gouv.fr/file/2010/10/6/Chartenationaledel_expertise_139106.pdf

contact :
philippe.chemineau@paris.inra.fr

De l'ammoniac dans l'air



ÉPANDAGE DE LISIER riche en azote.

Des chercheurs de l'Inra Versailles-Grignon ont mis au point ROSAA, un nouvel analyseur automatique d'ammoniac. Ce système permet un suivi fiable des émissions de ce gaz dans l'atmosphère. ROSAA a été testé avec succès au champ et fait actuellement l'objet d'un dépôt de brevet. Il est promis à de nombreux débouchés, notamment pour mesurer la pollution atmosphérique, à la fois en recherche et dans les domaines de l'environnement, de l'agriculture et de la santé.

Plus de 98 % de l'ammoniac atmosphérique (NH_3) provient, en France, des secteurs agricoles et sylvicoles, principalement de l'élevage et de l'utilisation des engrais (1).

L'ammoniac atmosphérique doit être surveillé

Les dépôts d'ammoniac atmosphérique entraînent des effets négatifs sur les écosystèmes naturels ou cultivés : acidification des sols et des eaux, eutrophisation (2) des milieux aquatiques, avec des conséquences sur la biodiversité. Extrêmement réactif, ce gaz peut aussi se combiner à d'autres molécules, formant des aérosols ayant des impacts divers (asthme, voire effet de serre).

Pour réduire ces émissions, il faut d'abord pouvoir les mesurer avec précision, d'une part au laboratoire, d'autre part sur le terrain (au champ ou en bâtiment d'élevage) pour mieux étudier les processus qui en sont à l'origine. Les analyseurs existants ne répondent pas à l'ensemble de ces besoins.

Partant de ce constat, une équipe de scientifiques et de techniciens de l'Inra de Versailles-Grignon (3) a développé le système ROSAA (Robust and sensitive ammonia analyser) : un analyseur d'ammoniac très sensible (il mesure des flux de quelques dizaines de ng par m^2 et par s), robuste (il suffit d'un entretien bi-hebdomadaire et d'un contrôle hebdomadaire) et pourvu d'un étalonnage automatisé.

L'épreuve du terrain

Aujourd'hui, cet analyseur a déjà été utilisé pour quantifier l'ammoniac émis par les surfaces agricoles après apport d'engrais. Dans le cadre d'une campagne expérimentale menée à Grignon en 2008, les pertes azotées qui ont été mesurées après apport de lisier au champ représentaient 25 % de l'azote apporté. Ces teneurs ont été comparées à celles obtenues par d'autres systèmes et méthodes de mesure validés. Les faibles écarts

(inférieurs à 3 %) observés entre les différents systèmes de mesure permettent une première évaluation intéressante du fonctionnement de ROSAA en conditions naturelles.

ROSAA en détails

ROSAA comprend un système de captage couplé à un système d'analyse en ligne. Le premier est composé de tubes verticaux (denuders), traversés par un flux descendant d'acide qui s'écoule le long des parois, et, à contre-courant, par le flux d'air à analyser. L'acide piège l'ammoniac immédiatement (sous forme stable d'ion ammonium NH_4^+), lui évitant d'interagir avec d'autres composantes du milieu. Autre avantage, seule la fraction gazeuse est prise en compte, et non les aérosols, qui n'ont pas le temps d'être piégés. Enfin, le système permet de prélever simultanément des échantillons en divers points.
L'analyse est réalisée par conductimétrie après passage sur une membrane semi-perméable. Les premiers tests de validation du système dans sa globalité ont été réalisés. On note une grande efficacité de piégeage d'ammoniac par les denuders avec des rendements d'extraction proches de 99 %. La justesse du système a été validée pour une large gamme de mesure de 40 à 200 µg d'ammoniac par m^3, avec des répétabilités et des reproductibilités qui ont des coefficients de variation inférieurs à 2 %. La concentration limite quantifiable en ammoniac dans l'air est estimée à 2 µg d'ammoniac par m^3.
L'analyseur ROSAA possède ainsi des propriétés inédites par rapport aux systèmes existants les plus perfectionnés. En effet, les systèmes à diode laser (TDL/QCL), actuellement les plus performants pour les mesures à hautes fréquences, n'ont pas une sensibilité suffisante pour mesurer des dépôts d'ammoniac avec plusieurs canaux. Les systèmes de tubes denuders rotatifs à flux continu associés à une analyse conductimétrique (AMANDA) sont nettement plus sensibles mais nécessitent des débits d'air échantillonné importants (30 litres par min) qui empêchent le travail en conditions contrôlées et à l'intérieur du couvert végétal.
Les performances du système ROSAA pourront encore être améliorées en optimisant le choix des débits d'air et de liquide à utiliser à l'intérieur des denuders et en intégrant un système plus performant de régulation de la température de la cellule d'analyse.

Une innovation reconnue et des perspectives d'extension

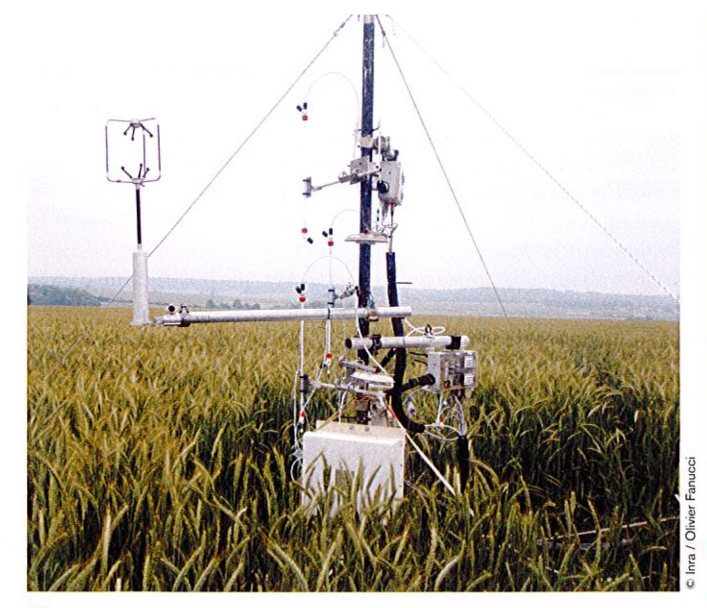
Le dispositif ROSAA a reçu le prix des Techniques innovantes pour l'environnement, catégorie « Analyse Mesure » lors du Salon Pollutec, en décembre 2009. Il fait actuellement l'objet de dépôt d'un brevet.
Le développement de ce système à plus grande échelle permettra d'amplifier les études sur la compréhension des échanges d'ammoniac entre les surfaces agricoles ou naturelles et l'atmosphère, qui plus est sur des périodes longues. Mieux quantifier ces échanges répondra à une demande tant nationale qu'européenne.
C'est également une première étape vers la constitution d'un réseau national de mesure sur l'échange d'ammoniac. Ceci touche autant le domaine de la recherche que celui de la surveillance des impacts environnementaux ou encore de la santé publique.
Par ailleurs, l'expertise mise en œuvre lors de ce projet de développement sur la mesure de composés gazeux par conversion en phase liquide permet d'envisager de mesurer, dans certaines situations, d'autres composés tout aussi complexes que l'ammoniac, comme le dioxyde de soufre (SO_2), l'acide nitrique (HNO_3), l'acide nitreux (HONO) ou les aérosols minéraux. Cette perspective ouvre une voie supplémentaire dans le domaine de la mesure des échanges de composés gazeux. ●

Catherine Foucaud-Scheunemann

(1) Source : Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique, 2009.
(2) Eutrophisation : détérioration d'un écosystème aquatique par la prolifération de certains végétaux, en particulier des algues planctoniques, résultant d'un excès de nitrates, phosphates et matières organiques.
(3) Unité mixte de recherche Environnement et grandes cultures Inra AgroParisTech.

+d'infos

contacts :
Erwan Personne, erwan@grignon.inra.fr
Celine Decuq, celine.decuq@grignon.inra.fr



© Inra / Olivier Fanucci

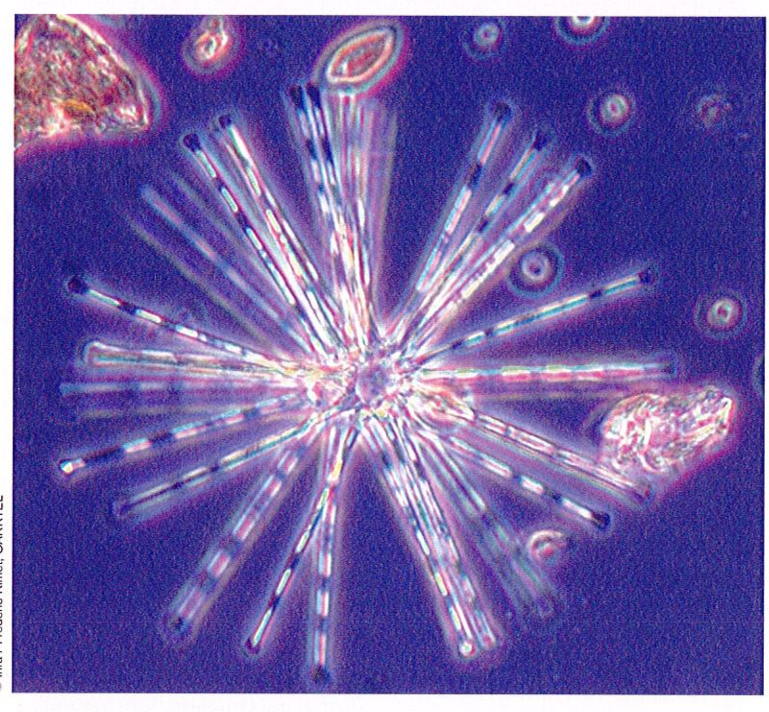
PARTIE « CAPTEURS » de l'analyseur automatique ROSAA installé en extérieur, dans un champ de triticale, à Grignon (78). Les trois « dénuders » sont les tubes à bouchons rouges dans lesquels circulent l'air à analyser et l'acide qui piège l'ammoniac. Le dispositif situé à gauche est un anémomètre qui permet de mesurer la vitesse du vent.



© Inra / Olivier Fanucci

PARTIE « ANALYSE » de ROSAA. Sa structure permet de rassembler les pilotages électronique et informatique, les systèmes de pesées et d'analyse conductimétrique, les étalons et les pompes.

Y aura-t-il plus ou moins de phytoplancton ?


© Inra / Frédéric Rimet, CARRTEL

ASTERIONELLA FORMOSA, espèce de phytoplancton répandue dans les lacs, dont le Léman.

Le phytoplancton, constitué de microalgues, est le tout premier maillon de la chaîne alimentaire et conditionne la production de poissons. Rémy Tadonléké, chercheur de l'Inra, démontre que, dans un contexte de changement climatique, l'effet de l'augmentation des températures de l'eau sur la productivité du phytoplancton est fortement modulé par la disponibilité des éléments nutritifs comme le phosphore.

Petite taille mais importance capitale ! Le phytoplancton, qui regroupe toutes les espèces d'organismes photosynthétiques de moins d'1 mm en suspension dans l'eau, apporte la moitié de l'oxygène de la Terre, fixe une quantité importante de CO_2 atmosphérique et se trouve à la base des chaînes alimentaires aquatiques. L'équilibre de sa population est donc essentiel. Si le phytoplancton disparaît, les poissons n'ont plus rien à manger mais s'il est en excès, le développement de bactéries aérobies est favorisé et le milieu s'asphyxie.

Le plancton carbure au phosphore

« *Mon étude montre que la quantité de nutriments disponibles dans l'eau -dont le phosphore- détermine la productivité du phytoplancton face à l'augmentation des températures. Il faudra donc tenir compte de cette interrelation dans les modèles* » explique Rémy Tadonléké, de l'unité Carrtel (1) qui étudie le fonctionnement des écosystèmes aquatiques alpins. « *Je me suis intéressé à la productivité du plancton de 1970 à 2005 dans le lac Léman. Pendant cette période, les températures des cinq premiers mètres de la colonne d'eau ont augmenté de 0,5 °C tous les dix ans.* » Constat : jusqu'en 1985, la productivité du phytoplancton augmente tandis qu'ensuite, elle est relativement stable, malgré l'augmentation continue de la température. Le réchauffement n'explique donc pas toute l'évolution du phytoplancton. Le lac Léman présente un profil particulier dans la disponibilité du phosphore : aux débuts des années 60, il a été très pollué par le rejet des eaux usées environnantes. En 1972, les premières mesures de réduction des apports en phosphore sont mises en application. Cependant, les taux n'ont commencé à diminuer qu'à partir de 1982 pour atteindre une baisse de 60% autour de 1989 (2). Cette diminution de la disponibilité du phosphore coïncide avec le ralentissement de la productivité du phytoplancton.

La température ne fait pas tout

« *Mon travail concilie des résultats précédemment obtenus dans les milieux océaniques par des équipes internationales* » complète Rémy Tadonléké. On a avancé l'hypothèse que, lorsque le milieu se réchauffe, la colonne d'eau se stabilise. De ce fait, le brassage entre les couches supérieures, où vit le phytoplancton, et les couches inférieures, qui contiennent les nutriments déposés au fond, disparaît. D'autres études en laboratoire avaient montré qu'en présence de nutriments, des températures plus élevées de l'eau favorisent le métabolisme du phytoplancton. Enfin, des simulations sur huit espèces de phytoplancton lacustre avaient montré qu'à faible niveau de nutriments, l'effet de la température de l'eau sur le phytoplancton est considérablement réduit. L'étude du biologiste de l'Inra est, quant à elle, basée sur des observations en conditions naturelles, ce qui permet d'intégrer de multiples variables exclues des modèles et des dispositifs expérimentaux. De plus, elle privilégie un pas de temps suffisamment long pour tenir compte du changement climatique et s'affranchir d'effets saisonniers. ●

Magali Sarazin

(1) Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques des écosystèmes limniques, une unité mixte de recherche de l'Inra et de l'université de Savoie.

(2) Dès 1972, des stations d'épuration pratiquant la déphosphatation sont mises en service. L'interdiction des phosphates dans les lessives n'est quant à elle promulguée qu'en 1986 en Suisse et en 2007 en France.

+d'infos

référence :

R.D. Tadonléké, 2010. Evidence of warming effects on phytoplancton productivity rates and their dependence on eutrophication status. *Limnology & Oceanography.*

contact :

remy.tadonleke@thonon.inra.fr

La recherche avicole
déploie ses ailes



Tous les quatre ans, le congrès européen d'aviculture (EPC) réunit scientifiques et professionnels de la filière. De nombreux chercheurs de l'Inra ont pris part à l'organisation de sa dernière édition, qui a eu lieu à Tours du 23 au 27 août dernier. L'affluence record lors de l'événement reflète l'importance grandissante de la production de volaille au niveau mondial.

C'est un exemple de relation fructueuse entre recherche et industrie. La filière avicole, plus qu'aucune autre industrie d'élevage, a su appliquer rapidement les avancées technologiques issues des échanges entre chercheurs, sélectionneurs, transformateurs et producteurs d'aliments. Des échanges fréquents entretenus par les membres de l'association mondiale de science avicole (WPSA (1)), notamment au travers de grands congrès internationaux multidisciplinaires comme l'EPC. Cette année, c'était la branche française de l'association - en partenariat avec l'Inra, l'Itavi (2) et l'Anses (3) et les professionnels de la filière -qui a pris en charge l'organisation de la conférence. Et le succès a été au rendez-vous, comme le souligne Yves Nys, directeur de recherche à l'unité de recherche avicole de Nouzilly et président de la fédération européenne de la WPSA. « *Avec plus de 1 200 participants venus de 77 pays, la conférence a largement dépassé son périmètre européen. C'est vraiment un pont remarquable entre la recherche et la filière. L'origine des participants était d'ailleurs pour moitié académique et pour moitié industrielle* ».

Ce vif intérêt n'est pas étonnant. Au niveau mondial, l'aviculture a le vent en poupe. La volaille de chair constitue à présent la deuxième production mondiale de viande derrière le porc, avec 30 % des quantités totales produites. Selon un rapport commun de l'OCDE et de la FAO, l'augmentation de la demande de viande dans les dix ans à venir fera également la part belle à la volaille et se situera majoritairement dans les pays en développement, en lien avec l'augmentation des revenus. Cette demande sera encouragée par la baisse des coûts de production, du fait de l'augmentation des perfor-

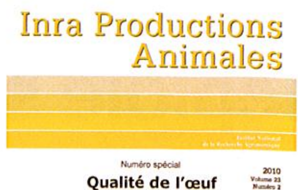
mances techniques de la filière. Facilitée par des taux reproductifs élevés et un court intervalle entre générations, l'amélioration génétique des espèces a permis des gains de productivité impressionnants. Depuis les années 60 et les débuts de l'aviculture commerciale, la vitesse de croissance d'un poulet de chair a doublé tandis que la quantité d'aliment nécessaire pour augmenter le poids de l'animal d'un kilo a diminué de moitié. Les poules pondeuses ne sont pas en reste, elles produisent maintenant plus de 300 œufs par an contre 150 dans les années 50.

Les chercheurs ne comptent pas s'arrêter là. Ainsi, la publication, en 2004, de la séquence du génome du poulet change radicalement les perspectives de la recherche. Lors de la séance plénière de l'EPC consacrée à la génomique, Alain Vignal, directeur de recherche au laboratoire de génétique cellulaire au centre Inra de Toulouse, a déclaré que les futures études sur les réseaux de gènes devraient permettre de passer un cap dans la compréhension de la biologie des espèces aviaires. De quoi donner aux sélectionneurs les moyens pour améliorer encore les performances des productions, leur sécurité sanitaire mais aussi la qualité de la viande. En plus des questions de bien-être animal, les impacts environnementaux des productions prennent de plus en plus d'importance, ils ont également fait l'objet d'une séance plénière. Hayo van der Werf, chercheur de l'unité Sol Agro et hydrosystème spatialisation à Rennes, est venu y présenter la méthode de l'analyse du cycle de vie. Selon lui, « *c'est un outil efficace et mondialement reconnu qui permet de faire un bilan complet des performances écologiques des systèmes de production actuels* ». Enfin, une séance plénière a été dédiée aux prospectives de production dans les pays à haut et bas revenus. Un des aspects mis en lumière est la faible production du continent africain alors même que les caractéristiques de la viande de volaille pourraient en faire un outil efficace de lutte contre la faim. Le paradoxe s'explique par le fait que les techniques développées pour les élevages industriels sont difficilement transférables sur les systèmes de production à plus petite échelle, à plus forte raison quand il s'agit d'élevages familiaux utilisant des espèces autochtones. Conscients de cette problématique, les organisateurs du congrès avaient décidé de favoriser la participation des pays africains. Avec l'appui de la FAO, des sessions satellites consacrées aux élevages de petite taille ont donc été incluses dans le programme. Plusieurs technologies relativement simples d'emploi (confinement des poussins pendant les premières semaines, utilisation d'aliments de haute qualité, vaccination contre la maladie de Newcastle…) pourraient déjà entraîner de nets progrès.

Au niveau français, les rencontres effectuées lors de l'EPC vont se prolonger très prochainement avec les « Journées de la recherche avicole » qui se tiendront également à Tours les 29 et 30 mars 2011. Comme l'a souligné le bilan économique effectué dans le cadre de la prospective Inra-Itavi « La filière avicole à l'horizon 2025 » (4), la filière française est confrontée à des problèmes spécifiques. En plus d'un déficit de productivité par rapport aux pays émergents mais aussi par rapport à certains pays européens et des exigences réglementaires qui s'alourdissent, on assiste à une inflexion de la courbe de croissance de la consommation. Une profonde mutation est donc à l'œuvre. Afin de la gérer, poursuivre les échanges est nécessaire. La prospective a identifié trois axes prioritaires de recherche : enjeux économiques et sociaux, environnementaux et sanitaires.

Géraud Chabriat

Du neuf pour la qualité de l'œuf



La production d'œufs était également au cœur des échanges lors du congrès européen de l'aviculture. Et pour cause, c'est la protéine animale la moins chère et ses qualités nutritionnelles sont sans égal. Les pays émergents ne s'y sont pas trompés. En vingt ans, la Chine a multiplié sa production par quatre et l'Inde par deux. En Europe, la production globale stagne tandis que la part des ovoproduits destinée à l'agroalimentaire et à la restauration collective augmente. Parallèlement, les éleveurs s'apprêtent à vivre une révolution. Une directive européenne imposera, dès 2012, de nouveaux systèmes de production plus respectueux du bien-être animal. Or, les systèmes proposés (cages aménagées, élevage au sol ou en volière) rendent plus difficile la maîtrise de la qualité hygiénique des œufs, préoccupation majeure des consommateurs.

Grâce au séquençage du génome de la poule et aux progrès de la génomique fonctionnelle, les chercheurs explorent des voies pour résoudre ce problème. A l'URA de Nouzilly, Yves Nys et ses collègues étudient comment certains constituants de la matrice organique de l'œuf interviennent dans la formation de la coquille, son premier rempart sanitaire. Une autre voie d'amélioration consiste à renforcer les défenses internes de l'œuf. Le blanc d'œuf renferme en effet ses propres antibiotiques. Dans les deux cas, la mise en évidence d'une régulation de la synthèse des protéines secrétées dans l'œuf par la génétique ou le milieu permettrait de renforcer le système de protection en donnant de nouveaux outils aux sélectionneurs ou éleveurs pour répondre aux défis à venir.

Le dernier numéro spécial de la revue *Inra productions animales est consacré à tous les aspects de la qualité de l'œuf. Ses douze articles permettent de faire un point exhaustif sur l'état actuel des connaissances en la matière.**

* *Inra productions animales*. 2010, volume 23, numéro 2, 130 pages. Prix 26 euros.
www.inra.fr/productions-animales

(1) World's Poultry Science Association.
(2) Institut technique avicole.
(3) Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
(4) www.inra.fr/l_institut/prospective/20_octobre_prospective_avicole

+d'infos

web :
www.wpsa.fr
www.tours.inra.fr

contact :
Yves Nys : yves.nys@tours.inra.fr
Michel Duclos : michel.duclos@tours.inra.fr

Le sexe des truffes en kit


© Inra / Jacques Guinberteau

Grâce à un kit de diagnostic développé par l'Inra, il est possible de distinguer les truffes « mâles » des « femelles ». Le but ? Optimiser les rendements des truffières, mais aussi détecter les fraudes.

La truffe a une vie sexuelle. C'est ce qu'ont découvert Francis Martin et ses collègues de l'unité Interactions arbres/micro-organismes (Inra Nancy - Université Henri Poincaré) qui travaillent sur le séquençage et l'analyse du génome de la truffe noire du Périgord (*Tuber melanosporum*) en étroite collaboration avec des chercheurs français (1) et italiens (2). Les premiers résultats de ce travail ont été publiés dans la revue *Nature* en mars 2010.

Ils démontrent que la présence simultanée des deux types sexuels est indispensable pour la formation des truffes. Non seulement les chercheurs ont élucidé les mécanismes de cette reproduction sexuée, mais ils ont également identifié les déterminants génétiques codant pour ces deux types sexuels et les gènes de compatibilité sexuelle.

Des rencontres fructueuses

La truffe récoltée à l'automne est donc une fructification qui résulte de la rencontre souterraine entre les ramifications de deux truffes de sexes opposés ; elle se déroulerait, selon toute vraisemblance, au printemps dans le sol des truffières.

Depuis plusieurs décennies, la production européenne de *T. melanosporum* repose largement sur des plantations truffières, les truffes « sauvages » étant de plus en plus rares. Pour réaliser ces plantations, le trufficulteur achète des plants dont les racines ont été « inoculées » (ou mycorhizées) avec du mycélium, la structure filamenteuse du champignon. Ce procédé mis au point par l'Inra dans les années 70, associé à des pratiques culturales adaptées, a permis de maintenir un niveau de production constant ces dernières années. Toutefois, il existe des plantations où bien des arbres ne produisent pas.

Le kit d'identification mis au point par le consortium franco-italien permet de vérifier que les deux types sexuels sont bien présents sur les plants mycorhizés améliorant ainsi leur qualité. Ce kit est aussi utilisable *in situ* pour réaliser la « cartographie » de la répartition des sexes dans une parcelle. Un déséquilibre dans la distribution des deux sexes pourrait en effet expliquer le taux important d'échec de production de certaines truffières.

Contre les simulateurs

Cette première retombée concrète des recherches sur le génome de la truffe peut avoir une autre application très utile : le kit permet de distinguer *T. melanosporum* des autres espèces de truffes. Ceci est particulièrement important pour distinguer la truffe noire du Périgord de la truffe de Chine (*T. indicum*) qui lui ressemble en apparence, mais qui n'a guère de parfum. Par rapport aux techniques d'identification déjà existantes, le kit de diagnostic « deux-en-un », pourrait donc devenir un outil de travail non seulement pour améliorer la qualité des plants mycorhizés et la production des truffières, mais aussi pour les professionnels de la filière chargés du contrôle et de la vente du champignon.

Des contacts ont déjà été pris par des entreprises souhaitant commercialiser ce kit. Les recherches se poursuivent actuellement avec l'analyse des génomes des autres espèces, comme la truffe blanche d'Alba (*T. magnatum*) et la truffe de Bourgogne (*T. uncinatum*).

Ana Poletto

(1) CNRS, Génoscope/CEA, universités d'Evry, Nancy 1, Aix-Marseille 1 et 2 et Clermont-Ferrand.

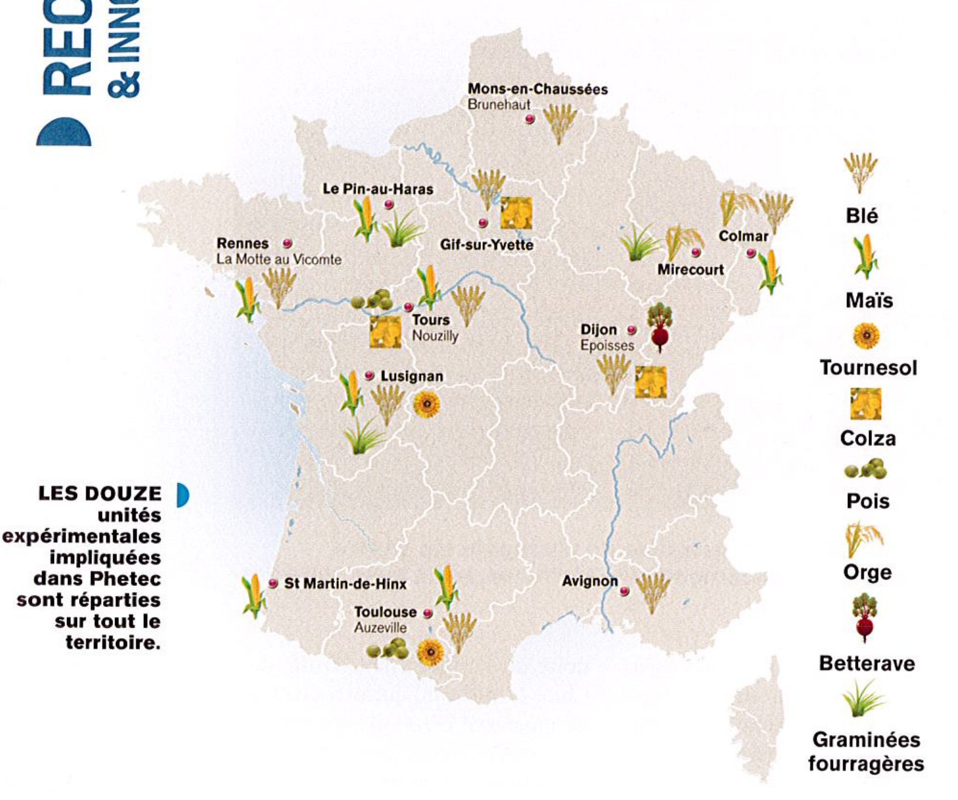
(2) CNR (Centre national de recherche), universités de Turin, Parme, Urbino, Rome La Sapienza, Boulogne et l'Aquilla.

+d'infos

web :
www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/truffes

contacts :
Francis Martin : fmartin@nancy.inra.fr
Claude Murat : claude.murat@nancy.inra.fr

Les climatologues en campagne



LES DOUZE unités expérimentales impliquées dans Phetec sont réparties sur tout le territoire.

Quand le climat change, les agriculteurs s'adaptent. Et sèment beaucoup plus tôt... ou beaucoup plus tard. Cette variabilité, qui se superpose à celle des températures, est l'un des enseignements de Phetec, base de données sur la phénologie et les techniques culturales répertoriées dans les unités expérimentales de l'Inra.

Conséquences du réchauffement climatique, les vendanges et la floraison des arbres fruitiers sont plus précoces. Mais qu'en est-il pour les cultures annuelles, qui sont semées chaque année ? Les scientifiques de l'unité Agroclim de l'Inra d'Avignon ont eu l'idée de collecter sur plusieurs années les données issues des unités expérimentales de l'Inra. « *Chacune des unités expérimentales héberge des expérimentations au champ*, explique Nadine Brisson, coordonnatrice du projet et agronome spécialiste des relations entre cultures et climat. *Mais la surface agricole restante n'est pas laissée en friche pour autant : elle est cultivée de la même manière que les terres de la région. Les agents de l'Inra, comme les agriculteurs, sèment par exemple du blé et du colza l'hiver, et du maïs, du tournesol, de la betterave ou du sorgho au printemps. C'est comme si nous disposions d'une « grande ferme », sur laquelle nous pouvons faire des observations* ». C'est ainsi qu'en 2006, douze de ces unités expérimentales associent leurs efforts pour collecter et mettre en forme des informations, jusque-là inexploitées, sur ces cultures annuelles. La base de données Phetec est élaborée par Bernard Baculat, ingénieur d'Agroclim, avec deux types de données : la phénologie (levée de la plantule, floraison, maturité du grain) et les pratiques culturales (dates de semis, choix des variétés), dont elle dépend directement. Or, les pratiques dépendent elles-mêmes des conditions climatiques. S'il fait plus chaud au printemps, l'agriculteur sème plus tôt son maïs. Mais le climat reste-t-il, aujourd'hui encore, le critère de décision prépondérant face à de multiples facteurs socio-économiques et imprime-t-il sa marque sur les pratiques culturales ?

Il semble que oui, d'après les données de la base Phetec. En effet, pour le maïs et le tournesol, la variabilité des dates de semis est fortement corrélée à la variabilité des températures printanières. Et cette variabilité est plus marquée aujourd'hui : jusqu'à un mois, contre deux à trois semaines à la fin du siècle dernier. « *Nous nous attendions à ce que les semis soient plus précoces*, relate Nadine Brisson. *En effet, pour la vigne et les arbres fruitiers, nous voyons une avancée d'environ trois semaines des dates de floraison à partir de 1990, d'après les résultats d'une autre base dédiée à ces espèces pérennes, appelée Phénoclim(1). Or, ce n'est pas le cas : les semis peuvent aussi être plus tardifs. Par exemple, à l'unité de Saint-Martin-de-Hinx, dans les Landes, le maïs est semé une année le 20 avril et l'année suivante le 20 mai !* » En conclusion, les dates de semis sont plus variables depuis dix ans, dans un sens comme dans l'autre.

« *Nos données montrent également, qu'outre la variabilité, la tendance globale à la hausse des températures est déjà intégrée par les agriculteurs qui préfèrent des variétés à cycle de plus en plus long* ». Ils allongent ainsi la durée d'exposition de la plante au rayonnement, qui augmente le remplissage du grain et favorise des rendements supérieurs. Et la chercheuse de conclure : « *Mais le maître-mot pour qualifier la dernière décennie est « variabilité ». C'est une composante importante du changement climatique que l'on a tendance à oublier.* »

Magali Sarazin

(1) www.inra.fr/presse/phenoclim_une_base_de_donnees_pour_suivre_l_impact_du_rechauffement_climatique_sur_les_arbres_fruitiers_et_la_vigne

+d'infos
contact :
nadine.brisson@avignon.inra.fr

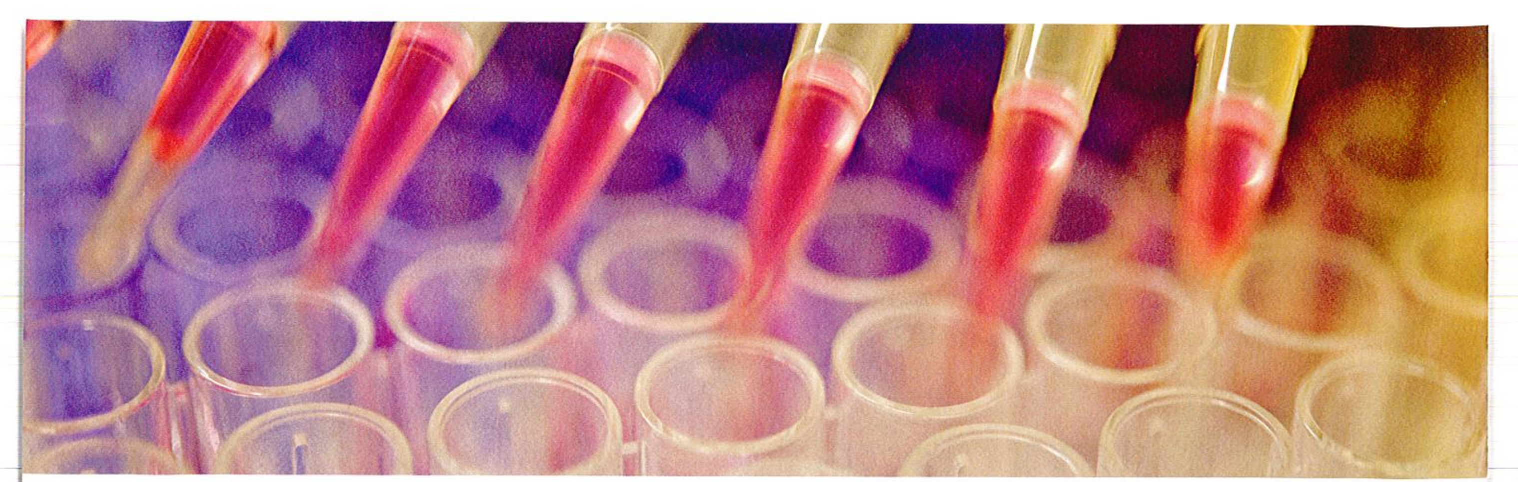
DOSSIER

Biotechnologies vertes : de nouvelles pistes pour répondre aux défis de l'agriculture

Les cultures sont précieuses. Elles sont tributaires des sols, du climat, des maladies et des ravageurs. Et ce d'autant plus que le changement climatique en cours laisse augurer l'accentuation du déficit en eau dans les zones sensibles, de l'érosion des sols et des épisodes climatiques extrêmes. Les biotechnologies vertes ont contribué au fil de leurs progrès à développer l'agriculture, en améliorant les espèces cultivées. En constante évolution, elles offrent aujourd'hui de nouvelles possibilités pour aborder des caractères agronomiques complexes comme la tolérance à la sécheresse, au froid, ou une moindre consommation d'azote, autant de caractères majeurs pour s'adapter aux futures conditions et contraintes imposées aux productions végétales.



© William Beaucardet



© William Beaucarde

1 Une grande diversité de techniques

La transgenèse et le clonage sont des outils familiers pour les chercheurs en biologie végétale, mais beaucoup moins pour le public qui s'inquiète de certaines applications biotechnologiques. Une présentation des biotechnologies vertes devrait permettre de mieux comprendre les travaux conduits par l'Inra dans ce domaine.

Tout d'abord, les biotechnologies vertes ne se réduisent pas au soja, coton ou maïs génétiquement modifiés, contrairement à ce que la couverture médiatique de ces premiers OGM a pu laisser penser. Se déployant dans le domaine de l'agriculture et de l'alimentation, elles sont au contraire d'une grande diversité. On peut citer, entre autres exemples, la production de nouvelles variétés par mutation induite. Plus de 2 000 variétés de légumes et fruits de consommation courante ont été obtenues de cette manière. Ou encore, les nombreuses techniques de culture *in vitro* utilisées en routine pour multiplier rapidement des variétés (pommes de terre, arbres fruitiers, fleurs), ou pour conserver indemnes de virus des cultures tropicales comme la canne à sucre, l'igname, le manioc. Les biotechnologies vertes sont omniprésentes dans l'amélioration des plantes et ont permis historiquement d'élargir la gamme des variétés et des espèces cultivées et de les obtenir plus facilement, plus vite. Ensuite, il faut distinguer la technique et son application. Il existe plusieurs variantes pour définir le terme « biotechnologie » mais toutes soulignent qu'il s'agit d'utiliser des techniques dans un but appliqué, par exemple pour la création variétale (1). Quant aux techniques sous-jacentes (mutagenèse, utilisation de marqueurs, transgenèse, etc.), elles sont aussi des outils de recherche qui permettent de faire progresser les connaissances, sans déboucher systématiquement sur des applications. En d'autres termes, il n'y a pas de biotechnologies sans recherche, mais toute recherche ne se traduit pas par le développement de biotechnologies. La transgenèse par exemple, qui est utilisée quotidiennement en laboratoire pour étudier la fonction des gènes, n'a donné lieu jusqu'à présent qu'à un nombre très limité d'OGM commerciaux. La transformation de résultats de recherche en un produit innovant est un processus non automatique qui dépend aussi de facteurs sociétaux.

(1) L'OCDE, Organisation de coopération et de développement économiques, définit les biotechnologies comme étant « l'utilisation des propriétés des organismes vivants pour produire des biens et des services ».
(2) Exemple développé en partie 2.
(3) Voir en partie 3.
(4) Voir partie 2

FRANÇOIS HOULLIER **Directeur général délégué pour la science à l'Inra, situe le rôle de la recherche dans le développement des biotechnologies.**

Bien en amont des applications biotechnologiques, les chercheurs étudient des mécanismes biologiques et développent pour ce faire des techniques d'étude du vivant. A l'Inra, certaines de ces recherches ont d'emblée un objectif finalisé. C'est le cas en amélioration des plantes, où les recherches se focalisent sur des caractères agronomiques particuliers (résistance à des maladies ou à la sécheresse, élaboration du rendement, qualité des produits) dont certains sont intrinsèquement complexes. De très nombreuses recherches ont aussi pour vocation première de faire progresser les connaissances. Leur intérêt peut sembler moins immédiat, mais il est bien réel. Premier exemple, c'est en étudiant des plantes transgéniques que l'on a mis en évidence, dans les années 1990, un mécanisme très général du vivant, le rôle crucial des petits ARN dans la régulation de l'expression des gènes. Deuxième exemple, la connaissance des génomes est un enjeu en soi, dont les prolongements sont parfois inattendus. Des consortiums mondiaux se sont mis en place pour séquencer le génome des espèces modèles ou cultivées. Sur la base de ces séquences, des approches de paléogénomique éclairent l'évolution des espèces, elles contribuent aussi à mieux comprendre l'origine de certains traits agronomiques essentiels. Troisième exemple, les recherches menées à Versailles sur un mécanisme biologique de base, la méiose (2), illustrent comment des approches cognitives peuvent déboucher sur une innovation. A partir de travaux fondamentaux, les chercheurs ont ainsi fait une découverte qui pourra avoir des répercussions majeures en sélection et qui fait l'objet d'un des plus récents brevets de l'Inra. En moyenne, nous prenons ainsi cinq à six brevets par an dans le domaine végétal et une vingtaine de Certificats d'obtention végétale. Ces innovations ne seront développées que si elles correspondent aux attentes des professionnels et de la société. Finalement, le rôle de la recherche dans l'innovation consiste à ouvrir et explorer des pistes, à en vérifier la faisabilité, et à en examiner les éventuels effets non attendus. A l'Inra, nous essayons de le faire avec discernement en considérant les innovations dans leur globalité et en travaillant en étroit contact avec les partenaires professionnels (3).

APERÇU DE LA DIVERSITÉ DES TECHNIQUES D'ÉTUDE DU VÉGÉTAL ET DE LEURS APPLICATIONS

La **culture *in vitro*** est la méthode de choix pour reproduire les variétés de rosiers, plante difficile à bouturer et dont les caractères de couleur et de parfum se transmettent mal par graines. De même, la quasi-totalité des framboisiers cultivés en France proviennent de la multiplication *in vitro*.

© Inra / C. Martin

La **fusion de protoplastes** (cellules végétales dont la paroi a été dégradée) permet de croiser des espèces éloignées pour transférer des caractères : par exemple la résistance au mildiou, apportée à la pomme de terre à partir d'une lointaine cousine. Ici protoplastes de feuilles de laitue

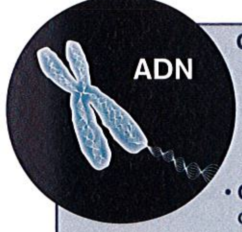
© Inra / Yves Chupeau

La **culture de méristème** permet d'éliminer des viroses. Des chercheurs de l'Inra ont en effet montré dans les années 50 que ces structures, composées de cellules indifférenciées qui donnent naissance aux organes, sont indemnes de virus. Ici, culture de méristème chez la plante grasse Kalanchoé.

© Inra / J. Margara

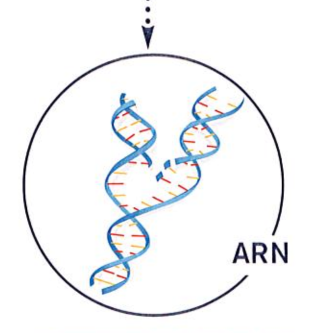
Les techniques de culture *in vitro* utilisent la capacité unique que possède la cellule végétale de régénérer une plante entière.

Les techniques moléculaires d'étude des génomes convergent vers un même objectif : connaître la fonction des gènes, pour mieux comprendre le vivant.



GÉNOME

- **Séquençage et bio-informatique** : identifier de nouveaux gènes, trouver des similitudes avec des gènes connus
- **Clonage à l'aide de marqueurs liés au gène** : isoler le gène
- **Mutagenèse et conséquences sur l'aspect de la plante** : identifier le gène et la fonction touchée
- **Transgenèse** : vérifier la fonction d'un gène isolé



TRANSCRIPTOME

Analyser l'expression des gènes dans les tissus



PROTÉOME, MÉTABOLOME

- Connaître et localiser les protéines
- Comprendre leurs interactions avec les autres composantes du métabolisme

ETIENNE HAINZELIN

Conseiller du PDG du Cirad, commente les bénéfices des biotechnologies pour l'agriculture

Etendre à grande échelle des variétés « high tech » peut restreindre la base génétique des cultures et induire une certaine fragilité. Il y a aussi le risque de prise de monopole par les grandes firmes qui vendent ces variétés. Cependant, sans pécher par excès d'optimisme, je dirais qu'on voit les prémices d'une inversion de tendance : le concept même de sélection commence à changer. Au lieu de modeler le milieu en tentant de supprimer les facteurs limitants (par l'irrigation, la fumure ou les pesticides), et d'employer des variétés très productives mais parfois fragiles, la nouvelle démarche consiste à diminuer l'artificialisation des terres et à rechercher des variétés adaptées aux contraintes qu'elles imposent (sécheresse, pathogènes, etc.). Et pour faire cela, on projette d'utiliser précisément les nouvelles technologies qui se développent, la génétique d'association par exemple (4). Celle-ci permettrait d'avoir très rapidement, et avec de gros débits, une idée globale de la valeur génétique d'une variété et de prédire sa capacité d'adaptation à un milieu donné. Ainsi, on pourra tester de nombreux génotypes issus de la biodiversité naturelle. D'où l'importance de conserver la richesse génétique… A contre-courant d'une idée commune, les biotechnologies donnent donc les moyens de diversifier les variétés et les systèmes de culture. Elles permettent de s'adapter à des situations contrastées, depuis des régions comme la France où les rendements sont proches de l'optimum et où l'on cherche plutôt à réduire les effets négatifs, jusqu'à des régions d'Afrique où la simple application de fertilisant fait bondir les rendements.

On peut aussi viser la sélection de combinaisons d'espèces plutôt que d'espèces isolées, par exemple dans l'agroforesterie tropicale. On s'intéresse alors aux interactions entre espèces, pour optimiser l'accès aux ressources, par exemple ce qui se passe sous terre dans les échanges racinaires et les immenses réseaux mycorhiziens qui se tissent entre les différents végétaux. Grâce aux progrès des connaissances, on évolue vers une démarche de plus en plus intégrée, prenant en compte la complexité des milieux et les interactions entre ses composantes.

2 Du nouveau dans les labos

Les techniques d'étude des génomes sont multiples et en constante évolution. Des exemples d'avancées récentes réalisées à l'Inra permettent d'entrevoir de nouveaux infléchissements pour les biotechnologies vertes.

Révolution sexuelle chez les plantes : de la méiose à la mitose

Une équipe de l'Inra de Versailles a réussi à transformer cette division cellulaire très particulière qu'est la méiose en une division banale, en associant seulement trois mutations (voir le schéma ci-contre). Interview de Raphaël Mercier, animateur de l'équipe.

INTERVIEW



© Pierre Maraval

Raphaël Mercier

Quelle est la portée de vos résultats ?

Raphaël Mercier : Lorsque nous serons arrivés à la fin du processus, c'est-à-dire lorsque nous serons capables d'avoir une plante apomictique, qui se multiplie par graine en restant identique à elle-même, nous pourrons nous attendre à une véritable révolution dans le monde de la sélection végétale, car cela modifie le mode de reproduction des plantes. Dès la sortie de notre première publication, nous avons été contactés par des sélectionneurs, principalement étrangers. Un des principaux enjeux serait la reproduction des hybrides (1). Malgré leurs performances agronomiques, les hybrides présentent un inconvénient majeur, pour l'agriculteur, du fait qu'il doit racheter les semences chaque année. Il ne peut pas ressemer les graines qu'il récolte, car si les hybrides se croisent entre eux, du fait du brassage génétique, on ne reproduit pas le même hybride mais on obtient une descendance hétérogène qui perdra les propriétés initiales au fil des générations. Le sélectionneur, quant à lui, doit conserver des stocks de graines des deux parents et réaliser l'hybridation chaque fois. Ce qui est parfois compliqué et coûteux, surtout chez les espèces autogames pour lesquelles il faut empêcher l'autofécondation (castration du maïs, utilisation de la stérilité mâle cytoplasmique pour le colza). Un hybride qui se multiplie tout seul permettrait de lever toutes ces barrières. De nombreux hybrides adaptés à toutes sortes de milieux pourraient être produits plus rapidement et plus économiquement. L'apomixie est souvent présentée comme une technologie de choix pour les pays en développement.

Où en êtes-vous actuellement ?

R. M. : Nous avons obtenu, en combinant plusieurs mutations, une plante qui produit des pollens et des ovules identiques à elle-même. Il faut maintenant arriver à développer un embryon à partir de ces pollens ou de ces ovules. Il est très difficile d'estimer à quelle échéance nous y parviendrons. Déjà, nous ne pensions pas atteindre si vite la première étape ! Nous essayons aussi de reproduire ces résultats chez des espèces de grandes cultures. Cela semble fonctionner sur le riz. Nous avons bon espoir pour d'autres plantes cultivées, car il se trouve que les gènes impliqués sont des gènes conservés entre les espèces.

Comment en êtes-vous arrivés à cette découverte ?

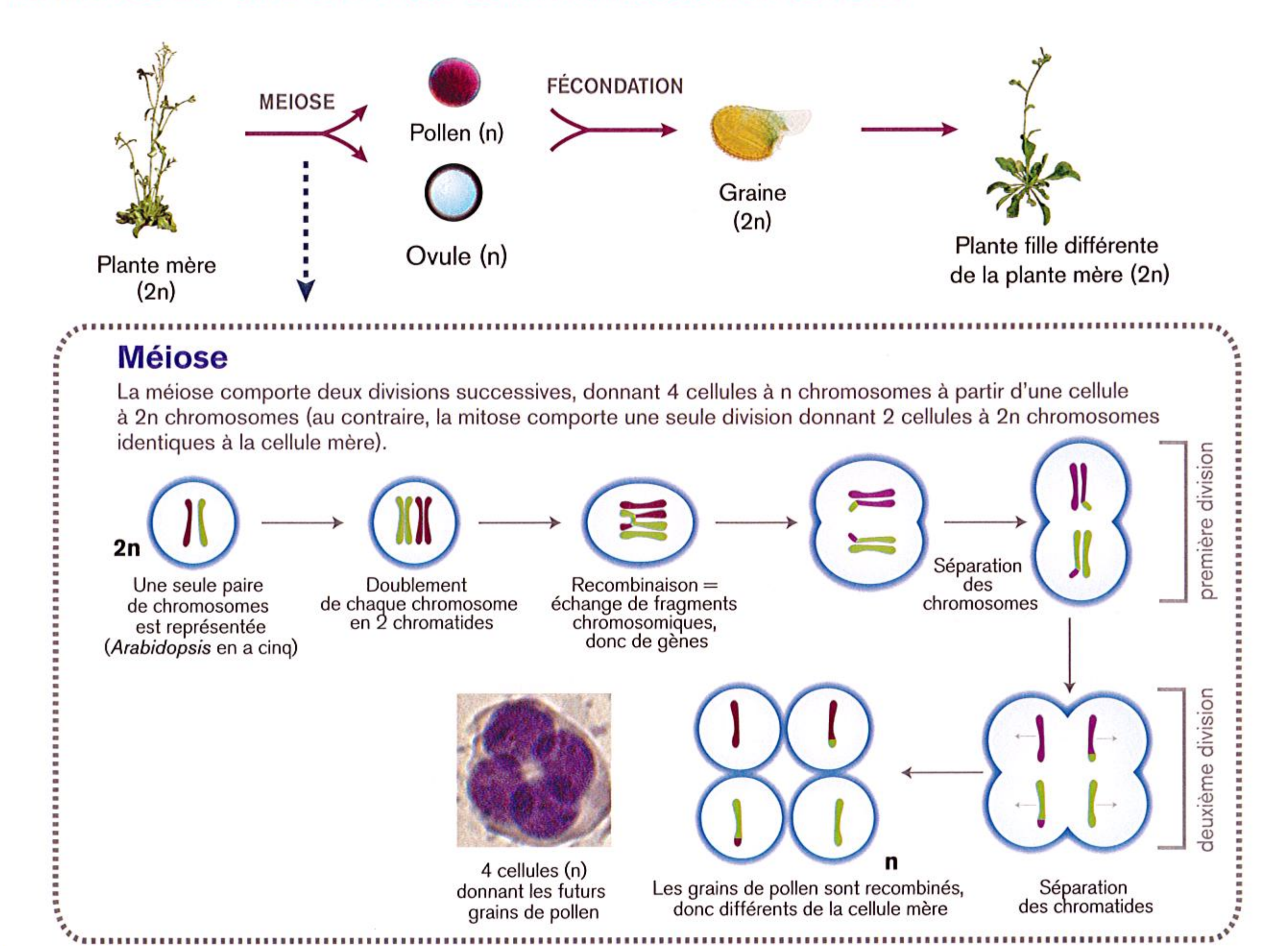
R. M. : Au départ, nous cherchions à décortiquer le mécanisme de la méiose, en utilisant des mutants pour identifier les gènes impliqués. Nous avons repéré le premier mutant (osd1) et fait des hypothèses sur son fonctionnement. Puis, nous avons réalisé le croisement avec le double mutant (spo11/rec8) pour vérifier ce que l'on pensait avoir compris des mécanismes. L'idée de chercher à mimer l'apomixie n'est venue qu'après.

Comment valorisez-vous ces résultats ?

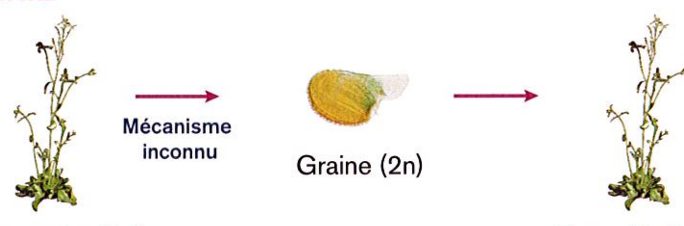
R. M. : Outre, bien sûr, les publications scientifiques, nous avons pris un brevet sur le mutant Mime, car c'est un domaine très concurrentiel. Beaucoup d'équipes essaient de transférer l'apomixie naturelle de certaines plantes sauvages vers des plantes cultivées, sans succès pour l'instant. On ne connaît pas les gènes impliqués dans cette apomixie naturelle. Le fait que ce soit l'Inra, institut public à but non lucratif, qui brevète le système, est plutôt une garantie qu'il restera accessible à une diversité de partenaires, y compris aux « petits » sélectionneurs.

(1) Les hybrides dits de première génération (F1) sont issus d'un croisement entre des parents assez éloignés génétiquement : les deux chromosomes de chaque paire, dont l'un est d'origine maternelle et l'autre d'origine paternelle, possèdent donc des gènes différents.
Il est démontré depuis de nombreuses années que les hybrides possèdent des propriétés particulières connues sous le nom de « vigueur hybride ». Les plantes cultivées pour lesquelles on développe des hybrides sont de plus en plus nombreuses : maïs, colza, tournesol, carotte, choux, courgette, tomate, melon etc. La forte productivité des hybrides renouvelle leur intérêt dans un contexte mondial d'augmentation de la demande alimentaire et non alimentaire.

LA MÉIOSE EST UNE ÉTAPE CLÉ DE LA REPRODUCTION SEXUÉE



L'APOMIXIE



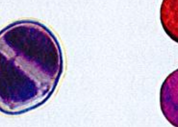
L'apoximie, ou reproduction clonale par graines, existe chez les plantes sauvages (pissenlit, renoncule...), mais pas chez les plantes cultivées.

TRANSFORMATION DE LA MÉIOSE EN MITOSE : UN PREMIER PAS VERS L'APOMIXIE

Pour transformer la méiose en mitose, il faut supprimer une division et éliminer la recombinaison. Les chercheurs de Versailles y sont parvenus en combinant trois mutations

1 Mutant *osd1*

Les chercheurs isolent un mutant (*osd1*) qui donne des grains de pollen **à 2n chromosomes**, et **recombinés**. *Osd1* ne fait que la première division de la méiose.



2 cellules (2n) au lieu de 4 cellules (n)



grains de pollen (2n)

Les chercheurs voient qu'il y a recombinaison en marquant un des chromosomes de la paire avec un marqueur fluorescent bleu, l'autre avec un rouge. La cellule mère est violette (addition de la fluorescence rouge et bleue). Après méiose, certains grains de pollen sont rouges (perte du marqueur bleu), d'autres sont bleus (perte du marqueur rouge).

2 Double mutant *spo11/rec8*

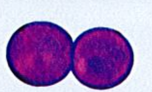
Un autre mutant (*spo11/rec8*) ne fait pas de recombinaison. La première division de méiose sépare les chromatides sœurs, comme dans une mitose. La deuxième division est anormale.

3 Combinaison des trois mutations *spo11/rec8/osd1*

En croisant les deux mutants, les chercheurs obtiennent le mutant « MIME » (« Mitose au lieu de Méiose »), qui donne des grains de pollen **à 2n chromosomes identiques à la cellule mère**. Combinant les propriétés de chaque mutation, MIME ne fait que la première division de la méiose qui est transformée en mitose et ne fait pas de recombinaison.



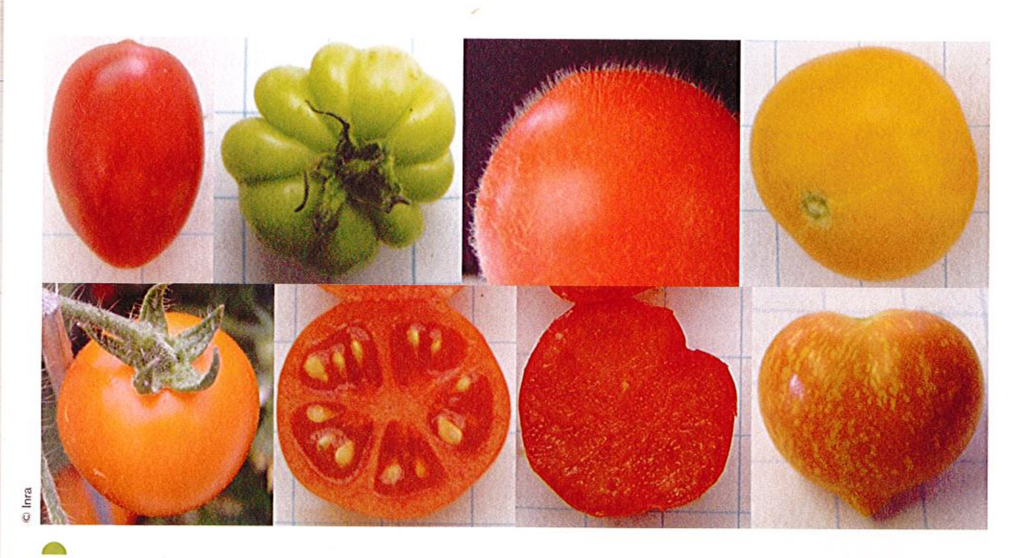
2 cellules (2n)



Il n'y a pas de recombinaison. Tous les grains de pollen sont violets comme la cellule mère.

Le Tilling accélère la compréhension des gènes

La génomique à haut débit fournit une quantité croissante de gènes séquencés liés à des caractères d'intérêts. Il s'agit maintenant de comprendre leurs fonctions précises dans la plante. L'unité de recherche en génomique végétale (URGV) d'Evry a adapté une méthode performante aux larges génomes des plantes cultivées.


© Inra

LA COLLECTION DE TOMATES MUTANTES de Bordeaux permet d'utiliser le Tilling pour étudier la biologie du fruit.

Après le séquençage de plus en plus rapide des génomes, l'étude de la fonction de ces milliers de gènes identifiés constitue en effet un enjeu majeur pour la décennie à venir. Pour les chercheurs, il s'agit de comprendre le fonctionnement biologique de la plante au niveau moléculaire. Pour les sélectionneurs, l'enjeu est de trouver des voies d'améliorations pour construire des variétés innovantes. Une approche classique pour étudier la fonction d'un gène est de le perturber par une mutation et d'en étudier les conséquences. Les méthodes actuelles reposent sur l'introduction aléatoire de mutations dans le génome d'un grand nombre de plantes. Tout le problème consiste ensuite à repérer rapidement quels endroits ont été touchés afin de savoir si c'est le cas du gène que l'on désire analyser. La technique du Tilling (1) permet de repérer rapidement une mutation dans un gène donné parmi une population de milliers d'individus ayant subi une mutagenèse chimique. Une prouesse rendue possible par la capacité qu'ont certaines enzymes de couper spécifiquement l'ADN au niveau d'un changement de base nucléotidique. Une fois la mutation isolée, les chercheurs peuvent alors étudier le phénotype de la plante qui la porte et déterminer ainsi la fonction du gène correspondant.

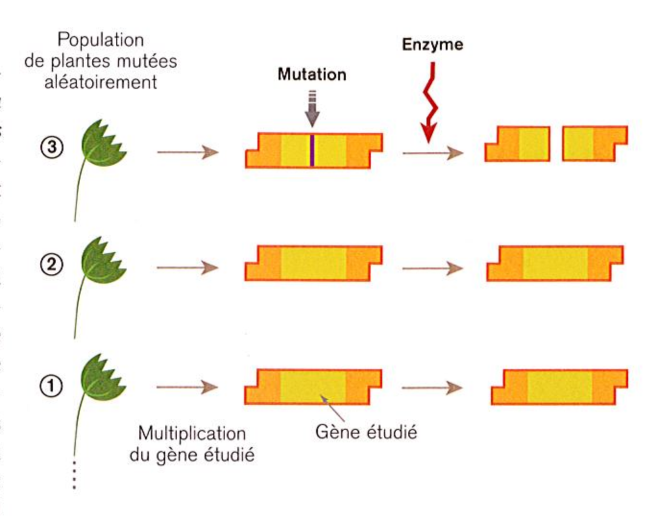
Du gène à sa fonction

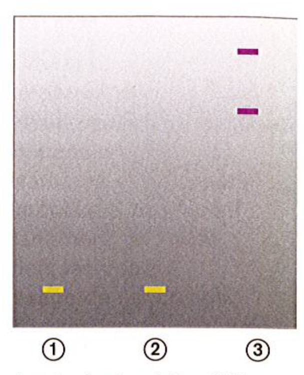
Cette technique, dite de génétique inverse, prend le contre-pied de la démarche habituelle. En effet, classiquement, on s'intéresse à une fonction donnée sans rien connaître des gènes impliqués. On recherche donc les phénotypes mutants pour lesquels cette fonction est perturbée, puis on remonte au(x) gène(s). Dans le Tilling, au contraire, on part d'un gène de séquence connue dont on soupçonne la fonction puis on recherche les mutants correspondants. On observe ensuite leurs phénotypes pour vérifier l'hypothèse de départ.
Stimulée par le séquençage du génome de nombreuses espèces, cette approche connaît actuellement un fort développement. Les chercheurs de l'URGV ont joué un rôle important dans ce succès. Abdelhafid Bendahmane, responsable de l'équipe « génomique des plantes cultivées », et ses collègues ont été les premiers à utiliser le Tilling sur des espèces à grand génome comme le pois, le colza, la tomate ou le melon. La technique avait été initialement conçue aux Etats-Unis pour des espèces modèles aux génomes plus petits comme la drosophile ou *Arabidopsis thaliana*. Autre apport majeur, ils ont réussi à sélectionner et caractériser chez *A. thaliana* une nouvelle enzyme, baptisée ENDO 1, plus facile à obtenir en grande quantité. Cette dernière est aussi beaucoup plus efficace dans la détection de mutation. Contrairement à l'enzyme précédemment utilisée, ENDO 1 détecte tous les types de mutations et coupe très peu de sites non mutés. Le brevet accompagnant cette découverte a déjà entraîné la création de trois entreprises de biotechnologies végétales. D'autres applications sont envisagées notamment dans le domaine des diagnostics médicaux.

Mutants en pagaille

En résolvant le problème de la détection des mutations, le Tilling permet de profiter pleinement de tous les avantages qu'offre la mutagenèse chimique. L'agent mutagène chimique provoque des mutations ponctuelles affectant le plus souvent une seule paire de nucléotides par gène. Ces modifications subtiles permettent d'accéder aux fonctions essentielles de la plante en les perturbant sans les annihiler complètement. Autre avantage, la mutagenèse chimique introduit plusieurs mutations dans le génome et permet donc d'obtenir facilement, et pour toutes les espèces, des collections « saturées » dans lesquelles tous les gènes sont potentiellement mutés une fois et donc analysables. Avec une population de plusieurs milliers de plantes, il devient même possible d'obtenir une série allèlique, c'est-à-dire un éventail de mutations différentes pour un même gène. Les effets plus ou moins marqués éventuellement observés peuvent alors donner des éléments de compréhension supplémentaires. Pour Abdelhafid Bendhamane « *Toute l'efficacité et l'élégance de la méthode réside dans la conception d'une collection performante qui équilibre une forte densité de mutations avec un taux de survie élevé des plantes. Une fois ce travail effectué, nous ne manipulons plus que de l'ADN en routine ce qui permet de travailler de manière automatisée donc à haut débit* ». La mutagenèse peut aussi faire apparaître des allèles ayant des caractères agronomiques intéressants. « *La variabilité*

induite donne aussi accès à des mutations qui n'ont pu être retenues par la sélection naturelle comme dans le cas des fruits sans graines » précise le chercheur. Cette nouvelle diversité vient enrichir celle des populations naturelles dans la palette offerte aux sélectionneurs. Une diversité naturelle qui peut d'ailleurs également être révélée plus rapidement par le criblage des mutations sur le même principe que le Tilling, on parle alors d'Eco-Tilling. De quoi mettre en valeur les différentes collections conservées à l'Inra et ailleurs. Le Tilling peut donc se révéler également un puissant outil d'amélioration variétale.





La plante 3 est identifiée comme porteuse de la mutation et son phénotype étudié

SCHÉMA DU PRINCIPE DU TILLING.

Des résultats bien valorisés

La force de frappe supplémentaire conférée aux chercheurs de l'URGV par le Tilling n'a pas tardé à donner des résultats. Plusieurs mécanismes biologiques majeurs ont pu être élucidés. Deux publications - dans *Science* en 2008 (2) et *Nature* en 2009 (3)- ont fait la lumière sur le déterminisme génétique du sexe des fleurs chez le melon. Ces résultats fondamentaux peuvent avoir des applications intéressantes, notamment sur la culture des cucurbitacées. En favorisant le nombre de fleurs femelles, celles qui produisent les fruits, on peut en effet augmenter les rendements. Le contrôle de la fécondation peut aussi amener une production d'hybrides beaucoup moins onéreuse. Une collaboration entre l'unité Inra Génétique et amélioration des fruits et légumes et l'équipe d'Abdelhafid Bendhamane a également permis de comprendre un mécanisme de résistance des plantes à une famille de virus très répandus, les potyvirus. Certaines mutations, repérées surtout chez les solanacées (tomate, poivrons, piments, aubergine) ont permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle c'est une altération spécifique d'un gène de la plante qui était la source de cette résistance. Le produit de ce gène est en effet utilisé par le virus pour accomplir son cycle infectieux. En identifiant les mutations en question, les chercheurs ouvrent la possibilité de repérer et sélectionner des plantes multirésistantes pour ce type de virus. Les gènes impliqués dans le déterminisme sexuel et la résistance aux virus des plantes peuvent conduire à des applications industrielles dans le domaine de l'amélioration variétale. Afin de maitriser l'utilisation de ces résultats tout en garantissant leur diffusion à des fins de recherche, leurs séquences ont été brevetées par l'Inra en association avec les applications potentielles que leur confère leur fonction biologique démontrée.

(1) Targeting Induced Lesion In Genom, acronyme anglais pour Criblage de mutations induites dans le génome.

(2) A conserved mutation in an ethylene biosynthesis enzyme leads to andromonoecy in melons. *Science*. 8 août 2008, Vol. 321, pp. 836-838.

(3). A transposon-induced epigenetic change leads to sex determination in melon. *Nature*, 22 octobre 2009.

Biotechnologies et diversité génétique vont de pair

Les nouvelles technologies telles que le Tilling, l'Ecotilling ou la génétique d'association, permettent de mieux caractériser et utiliser la diversité génétique. Encore faut-il que cette diversité soit maintenue et accessible. Dans ce but, largement partagé aujourd'hui, la communauté internationale cherche à organiser et à moraliser les échanges de matériels biologiques, en s'appuyant sur deux traités*. L'un d'eux permet de faciliter l'accès au matériel génétique de 64 espèces agronomiques essentielles à l'alimentation humaine, dont les trois principales sources d'énergie : riz, blé et maïs. L'Inra s'est engagé dans ce mouvement international en proposant, de concert avec ses partenaires des réseaux de conservation, une partie de ses collections en accès libre.

L'Inra se préoccupe de conservation depuis sa création en 1946 et y affecte des moyens importants. Il participe aux réseaux nationaux associant partenaires privés, instituts publics et associations, pour entretenir les grandes collections françaises, dont plusieurs d'envergure internationale (vigne, blé, arbres fruitiers, plantes potagères…).**

L'Inra gère de nombreuses collections dites *ex situ* (semences, clones ou plantes au champ) dont : céréales à paille à Clermont-Ferrand, protéagineux à Dijon, pomme de terre et colza à Rennes, plantes potagères à Avignon, prunus à Bordeaux, pommiers et poiriers à Angers, agrumes en Corse, vigne et maïs à Montpellier… L'Institut conduit aussi des programmes pour étudier le maintien de la diversité *in situ*, à la ferme ou au sein de biotopes naturels. C'est une politique volontaire d'entretien de ce « bien public » qu'est la diversité génétique.

* La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) et le Traité International sur les Ressources Phytogénétiques pour l'Agriculture et l'Alimentation (TIRPAA).

** Ces réseaux sont coordonnés par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB).

La génétique d'association pour ne pas rester sec face au manque d'eau

Une nouvelle méthodologie, appelée génétique d'association, permet de repérer rapidement toutes les régions du génome qui gouvernent les caractères complexes tels que la tolérance au stress hydrique.


© Inra / Vincent Oury, UMR LEPSE

LA PLATEFORME DE PHÉNOTYPAGE de Montpellier permet de tester la sensibilité à la sécheresse de milliers d'individus de génotypes différents (ici du maïs).

Certains caractères sont gouvernés par un seul gène, par exemple, certaines résistances à des maladies. D'autres mettent en jeu des groupes de gènes à effets partiels, appelés QTL (Quantitative trait locus). Le caractère de tolérance à la sécheresse, à fort enjeu agronomique, est particulièrement complexe, car il implique lui-même plusieurs caractères interdépendants. En effet, la principale réaction de la plante à la sécheresse est de réduire sa transpiration, par fermeture des stomates (1) et par une réduction de la surface de ses feuilles, dont la croissance est ralentie. Ce faisant, elle réduit sa capacité photosynthétique car le CO_2 nécessaire passe par les stomates. Elle réduit aussi sa résistance à la chaleur, en grande partie dissipée sous forme de transpiration. Une sécheresse en période de floraison peut en outre conduire la plante à réduire le nombre de grains. La plante doit donc gérer des objectifs contradictoires : éviter la déshydratation et maintenir sa croissance. Les connaissances actuelles montrent en outre que sa stratégie peut changer en fonction de la durée et de l'intensité du stress. C'est pourquoi améliorer la résistance à la sécheresse, c'est-à-dire maintenir un rendement satisfaisant malgré les conditions de stress, représente un vrai casse-tête pour la recherche. Face à cette complexité, les chercheurs de l'Inra et leurs partenaires décomposent le problème en deux étapes, dans un programme appelé « DROPS » consacré au blé et au maïs (2). D'abord, étudier chaque caractère et son déterminisme génétique, puis, dans un deuxième temps, tester le rendement de la plante dans différents scénarios de déficit en eau. Dans la première étape, il ne s'agit pas de séquencer tous les gènes ou les QTL impliqués dans chaque caractère. Les scientifiques disposent maintenant d'une méthodologie beaucoup plus puissante et rapide appelée « génétique d'association ». Elle permet d'« associer » statistiquement les variations des caractères (phénotype (3)) aux variations de l'ADN (génotype).

Le haut débit à la rescousse

Pour ce faire, il faut réunir deux conditions : d'abord disposer d'un grand nombre d'individus représentant au mieux la diversité naturelle, puis disposer de méthodes de phénotypage associées à du génotypage à haut débit. Des plateformes de phénotypage automatiques capables d'analyser en peu de temps des milliers d'individus ont été développées à l'Inra de Montpellier. Quant au génotypage, l'innovation réside dans la création de puces à ADN, simples petites plaques de verre, mais qui comportent des milliers de marqueurs de polymorphisme permettant de repérer les variations du génome (4). Dans quelques années, les scientifiques espèrent être en mesure d'indiquer les combinaisons d'allèles qu'il convient d'associer pour améliorer la tolérance à la sécheresse. Les sélectionneurs pourront alors prendre le relais pour réaliser ces assemblages dans de nouvelles variétés. Selon Alain Charcosset, qui a participé à la constitution du pool d'individus à tester pour le maïs (environ 250 lignées), « *la génétique d'association permet une approche plus intégrative du génome, car elle met en évidence toutes les régions génomiques impliquées dans un caractère, sans* a priori *sur une fonction donnée. C'est particulièrement utile pour les caractères complexes d'adaptation à l'environnement, dont la sécheresse, mais aussi la température ou la valorisation de l'azote du sol, dont l'amélioration constitue un gros enjeu. Il y a des investissements importants dans le secteur privé et la recherche publique s'y implique avec enthousiasme* ». François Tardieu, qui coordonne le projet DROPS, ajoute que « *cette nouvelle méthodologie est complémentaire à l'étude des QTL, qui reste utile pour mettre en évidence des formes alléliques rares dans les populations testées* ».

(1) Les stomates forment des micropores sur l'épiderme des feuilles. Ils contrôlent les échanges gazeux et la transpiration.

(2) Programme DROPS, 2010-2015, 15 partenaires publics et privés, 8 pays d'Europe plus Australie, Turquie, USA.

(3) Ici, par exemple la longueur des racines, la croissance des feuilles, la gestion de l'équilibre transpiration/photosynthèse, l'avortement des grains etc.

(4) Les marqueurs de polymorphisme sont des sites du génome où la séquence de l'ADN varie. Du fait de ces variations, il existe pour chaque gène des « versions » différentes, appelées « allèles », dont dépend l'expression du caractère. Plus on connaît de marqueurs, mieux on cerne la variabilité allélique.

Le cas particulier des variétés OGM : focus sur les impacts

Olivier Le Gall, chef du département « santé des plantes et environnement », situe les recherches actuelles sur les OGM. « *Ce type de biotechnologie est l'exemple emblématique d'une innovation pour le moins questionnée par le public, en Europe en tout cas. Cet état de fait s'est traduit par un coup d'arrêt dans le développement de nouvelles cultures transgéniques en Europe. Les programmes de recherche publique se sont orientés vers l'étude des impacts des OGM. Les recherches de l'Inra ont suivi cette évolution* ».

Pour les OGM, comme pour toute autre biotechnologie, l'un des enjeux est de renforcer les capacités nationales d'expertise publique en évaluant leurs bénéfices, risques et impacts éventuels. Ces derniers peuvent être d'ordre environnemental, social ou économique et doivent être étudiés à diverses échelles, de celle de l'exploitation à celle du continent. Afin d'obtenir une vision globale des interrogations qu'ils soulèvent, les OGM sont donc l'objet de recherches intégrées dans lesquelles la biologie végétale, l'écologie, l'agronomie ou la toxicologie côtoient la sociologie et l'économie. Voici quelques exemples de recherches ayant pour but de répondre à ces questions.

© Inra / Gérad Paillard

DEPUIS 2003 EN EUROPE, l'étiquetage des produits renfermant des dérivés d'OGM (ici le cas d'un pain contenant des protéines de soja transgénique) est obligatoire au-delà d'un seuil de 0,9%. Dans le cadre du programme Co-Extra, les chercheurs de l'Inra ont observé l'impact de cette mesure sur la coexistence des filières OGM et conventionnelles.

Quel bilan des OGM tolérants à un herbicide ?

La question de l'utilité des OGM fait souvent débat, notamment dans le cas des cultures tolérantes à un herbicide (TH). Elles représentent pourtant plus de 80% des surfaces OGM cultivées dans le monde si l'on inclut les plantes ayant plus d'un caractère transgénique. Sylvie Bonny, chercheur à l'UMR Economie publique de Versailles-Grignon, a analysé le cas du soja et maïs aux Etats-Unis (1), pays où les variétés transgéniques TH sont prédominantes. Leur forte adoption semble témoigner du fait que leurs avantages surpassent leurs inconvénients pour les agriculteurs. Qu'en est-il dans le cas du soja ? Le surcoût engendré par les semences OGM est en général compensé par une facture allégée en herbicides. A l'échelle des exploitations, divers facteurs ont favorisé son adoption : traitements simplifiés et plus faciles à gérer, gain de temps permettant d'autres activités, bonne association avec les techniques de conservation des sols (TCS), etc. Mais il y a aussi des inconvénients, notamment l'obligation de racheter les semences chaque année, et une dépendance envers un nombre très réduit de firmes à l'origine des caractères transgéniques. Aussi les « farmers » gardent-ils un œil attentif sur les prix des semences. Quid de la quantité totale d'herbicides utilisée ? Pour le soja TH, les résultats sont contrastés. Il semble que, après les premières années, l'emploi total d'herbicides pour les OGM soit légèrement supérieur à celui en conventionnel. Les doses préconisées varient en effet selon les désherbants, de plus l'adoption du soja TH va souvent de pair avec des techniques de cultures comme les TCS pouvant amener à utiliser plus d'herbicides. Par ailleurs le prix des désherbants a diminué pendant une dizaine d'années. Pour le maïs, en revanche, la quantité totale d'herbicides épandus sur les variétés TH est en général moindre qu'en conventionnel. En utilisant des indicateurs synthétiques de l'impact environnemental et sanitaire des herbicides, on peut analyser l'évolution du niveau total de toxicité et écotoxicité des désherbants employés, et pas seulement leur quantité. Pour le maïs et le soja TH, le remplacement des anciennes molécules par le glyphosate a diminué dans un premier temps l'impact environnemental des herbicides utilisés, mais ensuite il y a un fléchissement. Par ailleurs, la forte hausse de l'emploi du glyphosate sur les mêmes parcelles induit un phénomène bien connu avec les autres herbicides, l'apparition d'adventices résistantes à celui-ci, vingt dans le monde fin 2010. Il est donc nécessaire de mieux gérer le désherbage, notamment de diversifier les méthodes utilisées. Sylvie Bonny conclut qu'il est difficile d'établir un bilan global des cultures tolérantes aux herbicides. Les OGM doivent être analysés au cas par cas selon le milieu, le type de caractère introduit, le contexte et leurs conditions de mise en œuvre. En outre la façon dont ils sont conçus, orientés, réglementés et utilisés joue un rôle notable : elle influe sur le type d'OGM développé, leur intérêt économique pour les divers acteurs. Les impacts des OGM dépendent ainsi du contexte social, économique et financier, et donc plus largement du système économique englobant qui influe sur l'innovation et sa gouvernance.

(1) Bonny S. 2008. Les cultures transgéniques tolérantes à un herbicide permettent-elles de réduire l'usage des pesticides ? Le cas du soja et du maïs aux Etats-Unis. *Innovations Agronomiques* (2008) 3, pp. 193-212.
www.inra.fr/ciag/content/download/3323/30073/version/1/file/15-Bonny.pdf

Coexistence des cultures, un problème de choix

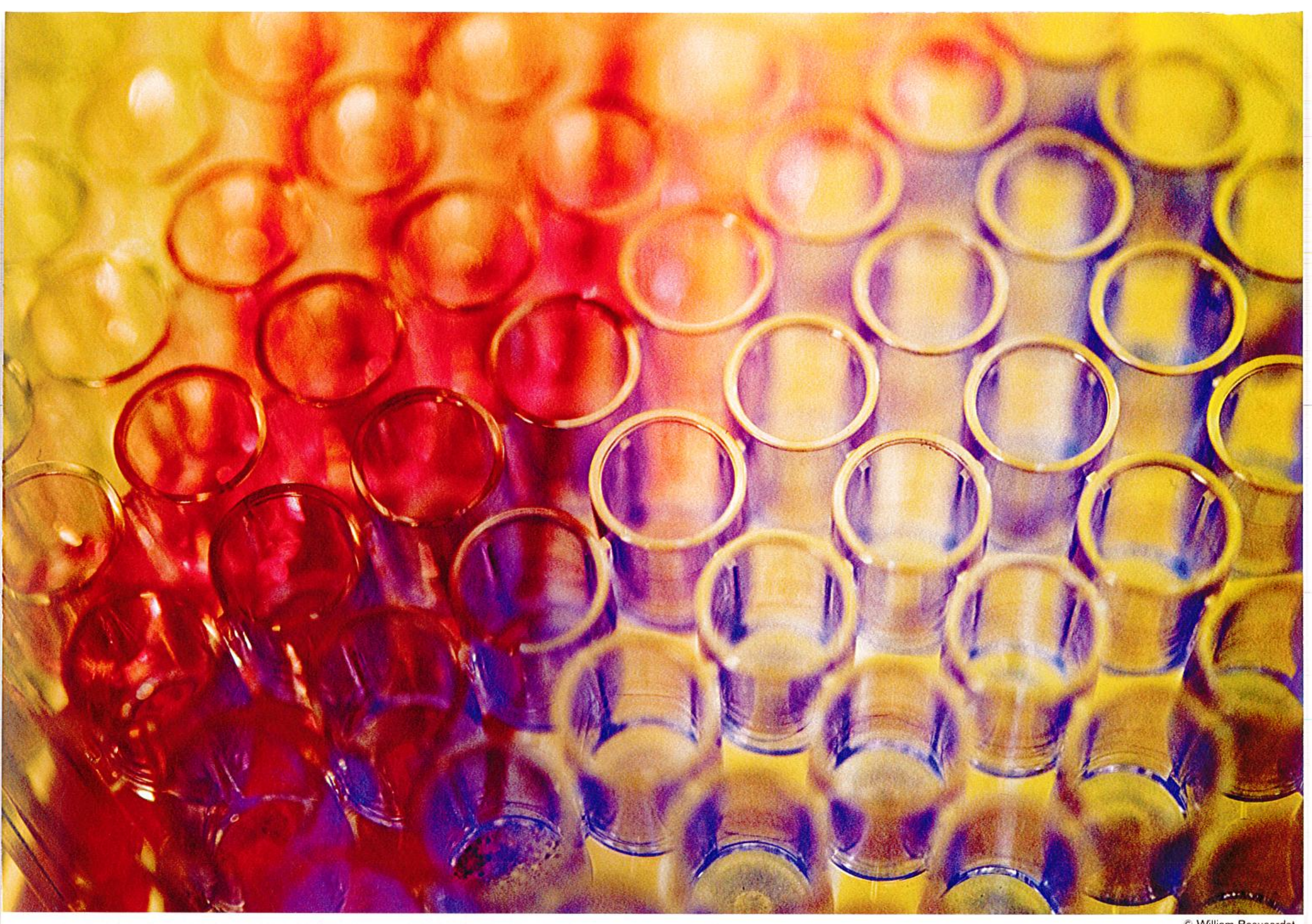
En 2003, la Commission européenne a considéré qu'il fallait permettre une coexistence entre filières OGM et conventionnelles. Dans quelles conditions est-il possible d'introduire de manière durable des cultures OGM en Europe sans menacer cette coexistence ? L'Inra a coordonné deux programmes européens sur ce sujet.
Le premier, Sigmea, s'est concentré sur l'étape de production. Il a permis d'offrir aux Etats Membres un outil d'aide à la décision répondant à deux questions majeures : que se passerait-il, en terme de dispersion de gènes, si on introduisait telle culture OGM dans telle région européenne ? Comment organiser les cultures pour maintenir dans les limites des seuils légaux la présence fortuite d'OGM dans les cultures conventionnelles ? A partir de données fournies par douze pays, la dispersion des pollens de plusieurs espèces concernées a pu être modélisée plus précisément en tenant compte du climat, des paysages et des pratiques agricoles. Les résultats des simulations montrent que les risques de contamination dépendent de l'espèce et du contexte cultural. Pour le maïs, dans certains cas, un accord entre agriculteurs pour organiser une récolte séparée suffit à ne pas dépasser le seuil réglementaire de 0,9% de présence fortuite dans les cultures. Sinon il faut recourir à des semis décalés ou à une distance de séparation. Pour le colza ou dans des zones où la culture de maïs est très concentrée, seule une séparation géographique entre cultures OGM et conventionnelles semble possible. Dans tous les cas, l'absence totale d'OGM inscrite au cahier des charges de l'agriculture biologique empêche toute coexistence à l'échelle locale. Ainsi, sans préjuger des décisions politiques et des seuils de contaminations fixés, cet outil offre la possibilité de connaître les risques de dispersion de gènes et les moyens pour les minimiser.
Co-Extra, second programme coordonné par l'Inra, a élargi la problématique de la coexistence à toute la filière, du producteur au consommateur. Près de 200 scientifiques provenant de 18 pays ont planché sur la question. Les chercheurs ont analysé le potentiel de différentes mesures de bioconfinement destinées à réduire les pollinisations croisées. Ils ont soulevé l'importance de la pureté des semences dans le respect des taux de contamination. La gestion des filières a également été passée au crible. Ce programme a permis de déterminer les bonnes pratiques de récolte et de transformation permettant d'envisager une coexistence économiquement viable. Des méthodes de contrôle et de traçabilité ont été proposées afin d'assurer un étiquetage fiable et d'offrir, *in fine*, la liberté de choix à chaque acteur.

Les OGM vus depuis la France et les Etats-Unis

« *Aux Etats-Unis, les OGM n'existent pas* » s'exclame Pierre-Benoît Joly « *ou du moins ils n'ont pas d'existence légale* » précise-t-il. C'est l'une des raisons mises en lumière par le sociologue, directeur de l'IFRIS (1), pour expliquer le fait que les OGM ne posent pas problème dans ce pays malgré leur usage massif alors que c'est le cas en France où leur utilisation est réduite. Pour élucider ce paradoxe, les chercheurs ont réalisé une analyse comparée de la construction des OGM comme problème public en France et aux Etats-Unis (2).
L'argument le plus souvent avancé pour expliquer ce phénomène est que les aliments transgéniques sont plus facilement acceptés aux Etats-Unis en raison de perceptions différentes des risques, de l'alimentation et de la nature. Or, de nombreuses études sur les attitudes personnelles viennent infirmer cet argument. Elles démontrent en effet, qu'en 2001, seuls 33% de la population étaient conscients de l'existence d'aliments transgéniques en supermarché. Une étude de la « Food and Drug Administration » montre que l'annonce de la présence d'OGM dans l'alimentation entraîne des réactions négatives similaires à celles que l'on retrouve en Europe. Il fallait donc explorer des hypothèses alternatives. Les chercheurs ont donc disséqué le principal mécanisme de formation de l'opinion publique : la lutte que se livrent les acteurs de la controverse pour définir les différentes dimensions du débat.
Il en ressort que les arguments des opposants aux OGM sont très similaires des deux côtés de l'Atlantique : la question de l'étiquetage des aliments transgéniques, le débat sur le lien entre choix d'une technique et choix d'un système économique, la controverse sur le cadre d'évaluation des risques. En France, les arguments des opposants s'appuient sur des événements très médiatisés (importation de soja transgénique, affaire du « Terminator » Monsanto, destruction d'essais en champs d'OGM...) pour élargir l'audience du débat et en définir les différentes dimensions. Ce phénomène n'a pas eu lieu aux Etats-Unis, la controverse ne s'est donc pas transformée en problème public.
Les chercheurs attribuent cette trajectoire divergente à trois facteurs. En premier lieu, les choix réglementaires effectués à la fin des années 80. En Europe, la réglementation a été fondée sur le procédé de fabrication, installant *de facto* une différence de nature entre aliments transgéniques ou non. Dès lors, les questions d'étiquetage, de liberté de choix et de droit à l'information ont pu émerger. Aux Etats-Unis, en vertu du principe « d'équivalence en substance », il n'y a pas eu initialement de législation spécifique aux OGM. Ils n'existaient donc pas officiellement en tant que catégorie, ce qui réduit leur visibilité. Autre différence qui influe sur la perception de l'utilité des cultures transgéniques : le statut de l'agriculture. Alors qu'en Europe le modèle d'une agriculture intensive et exportatrice, auquel les OGM sont associés, est fortement remis en cause, il est toujours connoté positivement aux Etats-Unis. Enfin, le rapport à l'analyse des risques joue un rôle important dans ceux que l'on peut attribuer aux OGM. Les crises alimentaires comme celle de la vache folle ont influencé la réforme de l'expertise scientifique en France et en Europe. Celle-ci a évolué vers des cadres d'analyse plus larges et construits avec des acteurs venant d'horizons multiples. Aux Etats-Unis, la prise en compte des incertitudes ne joue pas dans le même sens. La nécessité de faits scientifiques avérés comme préalable à toute décision politique y fait toujours foi.

(1) Institut Francilien Recherche Innovation Société.

(2) Joly P.-B., Marris C. Les Américains ont-ils accepté les OGM ? Analyse comparée de la construction des OGM comme problème public en France et aux Etats-Unis. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 67, 2003.



© William Beaucardet

3 Une nécessaire mobilisation des compétences

Le développement de biotechnologies innovantes requiert des capacités de recherche considérables, associant secteurs public et privé. C'est pourquoi l'Inra n'a cessé d'élargir ses partenariats, non seulement pour mutualiser les moyens, mais aussi pour contribuer à des innovations au plus près des besoins de la société et pour promouvoir une approche collective et ouverte du progrès génétique.

Les nouvelles biotechnologies végétales devraient permettre d'améliorer des caractères complexes, tels que ceux qui régissent les interactions entre la plante et son environnement : tolérance à la sécheresse, aux hautes et basses températures, meilleure utilisation de l'azote pour économiser les engrais, donc l'énergie. Mais l'effort de recherche est considérable et requiert un investissement important en moyens humains et en infrastructures à haut débit. Il y a dix ans, l'Inra a créé Génoplante, un groupement d'intérêt scientifique (GIS), pour conjuguer les forces de recherche du public et du privé et atteindre une masse critique en génomique végétale. Génoplante a permis de financer des travaux sur les génomes de plantes cultivées (blé, maïs, riz, pois, colza, tournesol) mais aussi sur le génome modèle de l'espèce *Arabidopsis*. En 2011, l'Inra élargit encore son partenariat à travers un nouveau GIS, appelé « Biotechnologies vertes », qui succède à Génoplante. Sont invités autour de la table des acteurs de toute la filière des productions végétales, de l'amont à l'aval : entreprises de biotechnologies, semenciers, coopératives de collecte et de première transformation, groupes industriels. Le nouveau GIS associera aussi les instituts techniques, l'interprofession et plusieurs pôles de compétitivité.

Prendre en compte les critères de toute la filière

Cet élargissement du partenariat correspond à la nécessité d'avoir une vision plus intégrée de l'amélioration des plantes. En effet, améliorer un caractère isolément, aussi important soit-il, n'est souvent pas suffisant. Pour prendre un cas d'école, un blé panifiable pourra être cultivé dans un système à bas intrants s'il possède des résistances aux pathogènes, mais aussi s'il est suffisamment productif,

compatible avec des rotations incluant des légumineuses pour l'apport d'azote et/ou des cultures intermédiaires pour la lutte contre les adventices, tout en conservant ses qualités meunières. La conception d'« idéotypes », c'est-à-dire de combinaisons de caractères optimales pour un système de culture et une utilisation donnée, permettra de s'adapter à une diversité de situations pédoclimatiques et d'usages des produits. C'est particulièrement vrai dans le domaine de la chimie verte, pour lequel il faut prendre en compte dès la sélection les processus de transformation des végétaux en biomatériaux ou biocarburants. Ainsi, il est plus que jamais nécessaire de connecter les connaissances scientifiques avec celles des professionnels de l'amont et de l'aval, des semenciers aux transformateurs.

Elargissement du partenariat, mais aussi ouverture vers la société : le nouveau GIS sera doté d'un comité d'éthique et de développement, qui sera sollicité pour éclairer les conséquences économiques, environnementales et sociales des projets et innovations.

Brevets et service public

L'Inra privilégie le Certificat d'obtention végétale, COV, pour la protection des nouvelles variétés. Ce système ménage le droit de l'inventeur (il faut acquérir une licence pour exploiter la variété), tout en stimulant le progrès génétique (la variété peut être utilisée librement pour en créer d'autres). En tant qu'institut public, l'Inra souhaite en effet favoriser la circulation des connaissances et combattre les risques d'appropriation de ressources communes. Ces principes sont affirmés dans la charte de propriété intellectuelle que l'Inra a élaborée en 2003*. Ils guident également la politique de l'Institut en matière de brevets. L'Inra est propriétaire de ses résultats et de ses brevets et mandate une filiale, Inra transfert, pour rechercher les partenaires et négocier avec eux des licences d'exploitation. Celle-ci peut concéder des licences à tarif préférentiel à des petites PME dans l'esprit de conforter le tissu économique français et européen. De même, la charte du GIS Génoplante prévoit des conditions préférentielles pour les pays émergents. Un autre principe est d'éviter les licences exclusives qui pourraient favoriser les monopoles, sauf pour soutenir la création de jeunes entreprises innovantes. La pluralité des partenariats est un principe de base de l'Institut.

** www.inra.fr/les_partenariats/collaborations_et_partenaires/entreprises/politique/la_charte_de_la_propriete_intellectuelle_en_ligne*

Un dispositif partenarial très structuré

La coordination de ces multiples partenaires sera assurée par plusieurs instances de réflexion et de décision étroitement articulées et les résultats des différents programmes seront soumis régulièrement à évaluation par un conseil scientifique externe.

Ce dispositif multipartenarial, très structuré, se concrétise par la co-construction de nombreux projets comme par exemple, la sélection de nouvelles variétés de blé à hautes performances économiques et environnementales, ou de maïs tolérants au stress hydrique, au froid, ou encore l'élaboration de systèmes de production de biomasse pour la chimie verte à partir de sorgho ou de miscanthus. L'amélioration de caractères complexes est un pari, rien ne garantit que telle ou telle approche méthodologique aboutisse. C'est pourquoi les projets en combinent plusieurs pour maximiser les chances de succès. Sont exploitées aussi bien la variabilité naturelle, que la sélection assistée par marqueurs, la sélection génomique (issue de la génétique d'association) ou encore la transgenèse.

Cette organisation permet aussi la création et la mutualisation d'équipements : plateformes de phénotypage à haut débit, plateformes d'ingénierie génétique pour améliorer les techniques de transgenèse. Les infrastructures nationales mises en place pour le séquençage, la bioinformatique, la métabolomique seront aussi mobilisées. Les dynamiques enclenchées ont permis de proposer des projets d'envergure dans le cadre des investissements d'avenir.

Le contexte change, il requiert une vision plus intégrée de l'agriculture, des partenariats plus larges et plus ouverts aux différentes composantes de la société. L'Inra conduit ces évolutions en conservant les valeurs et la posture qui sont les siennes en tant qu'institut de recherche finalisée, avec pour objectifs d'accroître les connaissances, de favoriser les innovations d'intérêt collectif, de renforcer les capacités d'expertise pour évaluer la balance bénéfices/risques de ces innovations et de conserver et faciliter l'accès aux ressources génétiques.

Génoplante, dix ans de collaboration public/privé

Créé en 1999, Génoplante a structuré une communauté française de plus de 300 chercheurs en génomique végétale, en associant la recherche publique (Inra, CNRS, Cirad, IRD) et la recherche privée (Biogemma et ses associés semenciers, Vilmorin et Cie, Euralis et la RAGT, Sofiprotéol, Arvalis Institut du végétal).

Il totalise :

- **350 projets en génomique fonctionnelle, dont 45 en collaboration bi ou tri latérales avec l'Espagne et l'Allemagne**
- **350 publications de haut niveau**
- **une quarantaine de demandes de brevets dont 15 en vigueur au niveau international**
- **35 logiciels et bases de données déposés à l'Agence pour la protection des programmes**

Dossier rédigé par **Géraud Chabriat** et **Pascale Mollier**
Responsable scientifique : **François Houllier** (Inra, Paris)



À MAISONS-ALFORT

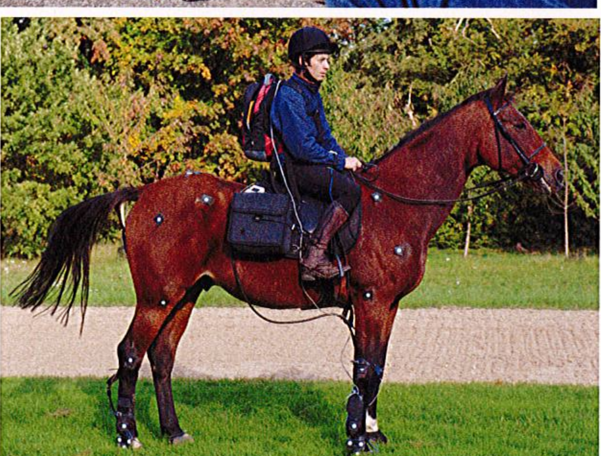
Des pistes pour ménager sa monture

La qualité des pistes influence la locomotion du cheval et l'apparition éventuelle de lésions. Pour étudier la dynamique des mouvements et les impacts sur le sol, un dispositif original, couplant des enregistrements de forces avec des images synchronisées, est testé sur plusieurs types de pistes dans les conditions de l'entraînement.

Pour un cheval de course de 500 kg, les forces exercées sur chaque sabot lors de l'appui du membre sur le sol dépassent fréquemment la tonne. Les effets directs de la nature du sol sur la locomotion du cheval et les contraintes exercées sur ses os, ses muscles, ses articulations, et ses tendons avaient été peu étudiés jusqu'à présent. Les données épidémiologiques apportaient des appréciations globales : par exemple, les pistes « dures » augmentent le risque par rapport aux pistes « souples ». Le lien entre qualité des pistes et risques de lésions n'a été scientifiquement démontré que récemment, même si les professionnels du cheval le percevaient depuis longtemps. Par ailleurs, le paramètre « qualité de la piste » est très difficile à analyser, car il n'est pas indépendant d'autres facteurs de risques comme l'entretien général du sol, l'âge du cheval, sa surface d'exercice habituelle, l'entraînement en amont… L'unité Biomécanique et Pathologie Locomotrice du Cheval* est l'une des rares équipes mondiales de recherche sur ce sujet. En collaboration avec des professionnels des sports équestres, elle étudie la locomotion du cheval sur des terrains d'entraînement à l'aide d'un équipement mettant en scène des capteurs de forces et de mouvements. De 2007 à 2010, le projet Séquisol a eu pour objectif de caractériser l'effet des sols sur le confort, la sécurité et les performances du cheval.

* BPLC, Unité Sous Contrat Inra-Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.





Un harnachement complexe

Des capteurs ont été adaptés au protocole des essais, d'autres ont été inventés pour les besoins de l'expérience. Tous collectent des mesures de manière non invasive, et si possible sans trop gêner le cheval. Des accéléromètres, capteurs de variations de vitesse, enregistrent les chocs dus à l'impact du sabot sur le sol et les vibrations générées par ces chocs. Un fer dynamométrique capture la force globale exercée dans les trois dimensions, mais aussi la répartition des efforts sur le pourtour du sabot. Un capteur à transmission ultrasonore (brevet Inra-ENVA) enregistre la tension exercée sur le principal tendon d'un membre. Des témoins réfléchissants parsèment la robe du cheval : situés au centre de rotation des principales articulations, ils permettront de visualiser les flexions et extensions des membres au cours de la foulée. Enfin, des ordinateurs sont embarqués dans les sacoches du cheval et du cavalier pour transmettre en continu les informations fournies par les capteurs positionnés sur le cheval.

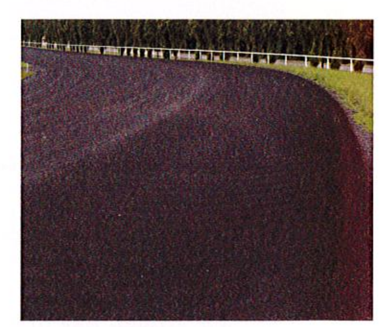


Une préparation de la scène minutieuse

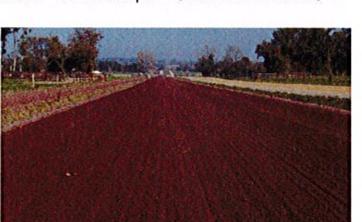
Une quinzaine de mètres d'une piste d'entraînement va constituer le lieu de la prise de vues et du captage des informations. L'équipage passera entre deux lignes de marqueurs réverbérants disposés de façon régulière et qui serviront de quadrillage visuel pour le décryptage des enregistrements d'images.



Piste « tout temps » (sable fibré huilé)



Piste en mâchefer



Piste en pouzzolane



Piste en sable

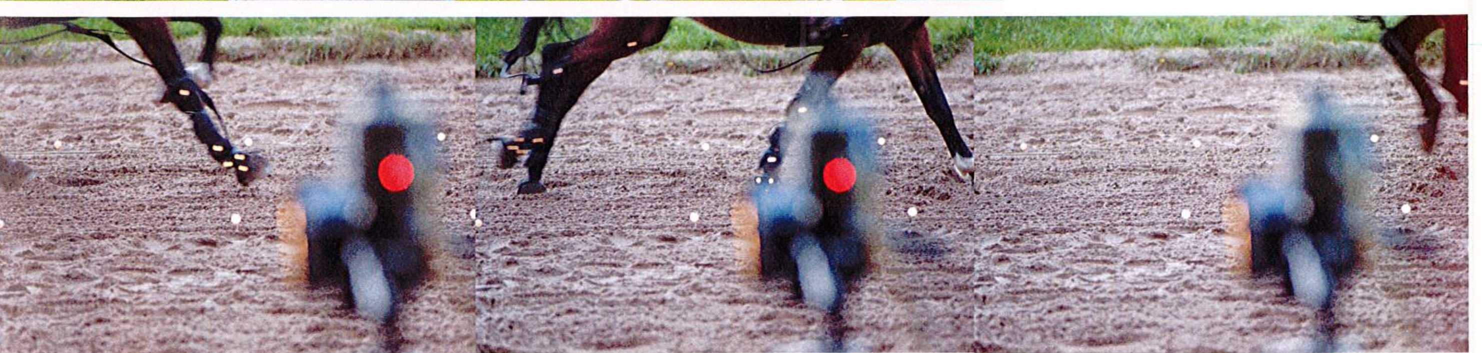
Des pistes variées

A ce jour, 26 pistes ont été testées dans 9 hippodromes ou terrains d'entraînement, en gazon, en sable, en terre, ou en matériaux mélangés (ex. : sable fibré huilé), ces derniers sols étant destinés à une utilisation pour tous types de météo. La diversification des situations permet de mieux décrypter la relation entre la qualité d'une piste d'une part, et le confort et la sécurité du cheval d'autre part, évalués par la régularité de ses foulées et les contraintes qui s'exercent sur son appareil locomoteur.



Galop en haute définition

Le cavalier maintient son cheval à une allure régulière pendant la dizaine de secondes que dure un passage devant les opérateurs, chacun placé derrière un poste d'acquisition des données.
Deux caméras et un appareil photographique acquièrent simultanément, en haute définition, les images du passage de l'équipage. Chaque passage de quelques foulées délivre une séquence de données provenant des capteurs et des images filmées. Une ampoule LED fixée sur la selle sert à la synchronisation de toutes les informations.





Souples ou dures ?

Ces essais sont l'occasion d'étudier de nouveaux appareils pour évaluer la dureté des pistes. Labosport, partenaire de Séquisol, teste ici un appareil sur les mêmes pistes qui servent aux enregistrements des passages au galop. Il s'agit alors de trouver la meilleure concordance entre les variables biomécaniques mesurées sur le cheval et les mesures prises par la machine au même endroit.

Séquisol, projet labellisé par le Pôle de Compétitivité « filière équine », associe deux entreprises partenaires Labosport (spécialisé dans la certification des sols sportifs) et Normandie Drainage (fabricant de sols équestres). Il bénéficie de crédits du Fond Unique Interministériel, de la Région Basse-Normandie, des Haras Nationaux, du FEDER.

Remerciements à France-Galop pour son accueil lors d'une journée d'essais sur ses pistes d'entraînement à Chantilly.

+d'infos
www.vet-alfort.fr/web/fr/1122-sequisol.php
www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/locomotion_cheval

Brigitte Cauvin
Reportage photo : Christophe Maître et équipe BPLC

REPORTAGE

Passeport pour la recherche

L'excellence scientifique dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement est un défi permanent pour l'Inra. Aujourd'hui, l'Institut veut attirer les meilleurs candidats de toutes nationalités.

Le vivier de futurs chercheurs est déterminant pour l'avenir de l'Inra. L'Institut profite de sa notoriété scientifique pour développer sa culture internationale et favoriser une richesse d'origines et de parcours dans ses recrutements. Ainsi, il adhère dès 2006 à la charte européenne du chercheur et décline sa campagne annuelle de recrutement de chercheurs à l'international.
Résultats : les candidats de nationalité étrangère élargissent le panel de recrutement et représentent l'ensemble des continents. « *Cette volonté d'ouvrir le recrutement a également été soutenue par un assouplissement des modalités du concours de chargé de recherche*, précise Thierry Boujard, adjoint au directeur des ressources humaines de l'Inra. *Les compétences sont davantage privilégiées par rapport à la présentation d'un projet de recherche, qui impliquait une connaissance préalable des équipes en place. On observe parallèlement que l'âge moyen des candidats a augmenté (33 ans en 2009 pour 30 en 2005) du fait de la suppression de la limite d'âge et de la durée plus longue des études de troisième cycle dans beaucoup de pays.* »
Mieux, l'Inra est le premier organisme français à recevoir de la commission européenne le label « HR Excellence in Research » pour sa politique de ressources humaines pour les chercheurs. Ce label, décerné en 2010, lui confère en retour une plus grande visibilité auprès des candidats potentiels.

(1) MICrobiologie de l'ALImentation au Service de la Santé Humaine, unité mixte de recherche associant l'Inra et l'AgroParisTech.

(2) Microbiome intestinal humain dans l'obésité et la transition nutritionnelle.

(3) http://cross-talk.eu/

(4) La métagénomique analyse en bloc les génomes d'une population bactérienne dans un milieu donné.

En thèse à l'Inra

Ils parlent chacun au moins quatre langues, ont entre 25 et 28 ans et ont soif d'apprendre. Clarissa Rochas et Marcela Azevedo viennent du Brésil, Tomas de Wouters de Suisse. Tous trois se sont rencontrés à Micalis (1), au centre Inra de Jouy-en-Josas qu'ils ont choisi pour leur formation doctorale.

Qu'est-ce qui vous a motivé pour rejoindre l'Inra ?

Tomas : *Joël Doré, avec qui je travaille, est un nom qui compte dans mon domaine de recherche. J'apprécie particulièrement l'approche interdisciplinaire du projet MicroObes (2) qu'il pilote. C'est ce qui m'a décidé à rejoindre l'Inra. Même si d'autres pays, comme en Scandinavie, accordent à la science une plus grande place dans la société. J'apprécie aussi les efforts que font des organismes comme l'Inra pour faciliter les mobilités.*


© Inra / Bertrand Nicolas

Marcela : *pour nous scientifiques, les échanges entre pays sont très importants : nous devons échanger nos idées, faire connaître notre travail et le soumettre à la critique ! C'est ce que je fais en participant à Cross-Talk (3), un réseau de formation initiale pour les chercheurs coordonné par Emmanuelle Maguin à Micalis, qui regroupe treize partenaires européens - académiques et industriels. Financé par la commission européenne, il a pour but de faire avancer les connaissances sur le rôle de la flore intestinale dans la santé humaine, tout en formant les futurs leaders de la métagénomique (4), une discipline émergente. Estampillé « actions Marie Curie », ce type de réseau bénéficie d'une forte renommée auprès de la communauté internationale. Les étudiants touchent un salaire, leurs déplacements professionnels et leurs parcours de formation - cours de langue ou perfectionnement dans des disciplines voisines - sont payés. J'ai ainsi appris les techniques qui me faisaient défaut pour manipuler des bactéries et les mettre en culture. Surtout, j'ai rencontré tous les chercheurs du monde qui travaillent sur ma thématique !*


© Inra / Bertrand Nicolas

Clarissa : *à l'Inra, toutes les conditions pour réaliser une bonne recherche sont réunies : des financements aux équipements, en passant par l'organisation et l'infrastructure ! De plus, l'Inra compte de nombreux laboratoires d'un haut niveau. L'Institut a donc des contacts privilégiés avec par exemple l'Institut Pasteur et les universités françaises, mais aussi avec les autres pays. Ces contacts serviront forcément plus tard. De ce point de vue, le Brésil est plutôt isolé.*


© Inra / Bertrand Nicolas

Quelles différences avez-vous rencontrées en pratiquant la science ici et chez vous ?

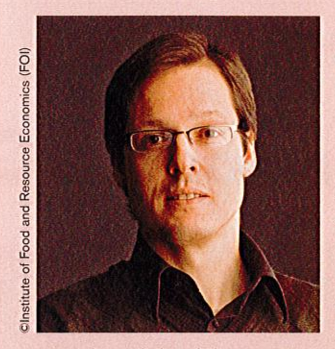
Clarissa : *les tuteurs nous ont immédiatement laissés une grande liberté pour conduire nos travaux. Au début, se retrouver seule avec ses questions était difficile mais cela développe autonomie et indépendance. Aujourd'hui, j'ai bien plus confiance en moi.*

Tomas : *les possibilités de recherche l'emportent sur les caractéristiques que peuvent avoir les différents pays. J'ai quand même le sentiment que l'influence américaine se diffuse partout. Cela se traduit par un mode assez libéral où les laboratoires connaissent moins de sécurité mais plus de flexibilité pour financer des projets ou embaucher.*

Magali Sarazin

contacts :
clarissarocha@gmail.com
marcela.deazevedo@jouy.inra.fr
tdewouters@jouy.inra.fr

Le choix d'un chercheur confirmé


©Institute of Food and Resource Economics (FOI)

Jens Abildtrup, Danois, 43 ans, est l'un des 68 lauréats du concours chercheurs 2009. Il est depuis en poste au Laboratoire d'économie forestière à Nancy.

« C'est grâce à la page d'accueil du site Internet de l'Inra que j'ai pris connaissance de la campagne de recrutement de chercheurs. Le guide du candidat m'a beaucoup aidé car je ne connaissais pas bien le LEF (5) même si j'avais déjà collaboré en 2006 avec le CESAER (6) de l'Inra à Dijon. Je travaillais alors pour l'Institut d'économie de l'alimentation et des ressources de l'Université de l'Agriculture au Danemark. Plusieurs facteurs m'ont incité à postuler. D'abord, le poste correspondait en tous points à mes compétences scientifiques. Ensuite, l'Inra bénéficie en France et à l'étranger d'une très bonne réputation. Cela ouvre de nombreuses portes, en particulier pour obtenir les données nécessaires à vos recherches. De plus, la France est un grand pays comparé au Danemark, je peux y côtoyer d'autres chercheurs du même domaine et faire partie d'un réseau efficace. Après deux ans passés ici, je ne vois pas entre les deux pays de différences dans l'approche de la science, mais plutôt dans l'organisation de la recherche. Au Danemark, je passais beaucoup de temps à prospecter des fonds pour financer mes recherches, incluant mon propre salaire. C'était bénéfique car cela me poussait à toujours remettre en question l'intérêt et la qualité de mes recherches. Mais quelle perte de temps quand on connaît le faible taux de dossiers scientifiques retenus ! »

contact : jabildtrup@nancy-engref.inra.fr

Package pour l'excellence


© Inra / Sylvie Toillon

Gianni Bellocchi, Italien, 41 ans, a rejoint en février 2010 l'Unité de recherche sur l'écosystème prairial (Urep) du centre Inra de Clermont-Ferrand-Theix dans le cadre d'un « package scientifique ». Ce dispositif lancé par l'Inra en 2007 permet à une unité d'accueillir avec des moyens conséquents pendant quatre ans, un chercheur confirmé, sur la base d'un projet sélectionné par un jury international.

« A l'Urep, je travaille sur l'estimation de la vulnérabilité des prairies et des systèmes d'élevage au changement climatique. Le package, qui comprend mon salaire et les subventions de fonctionnement, me donne toute latitude pour piloter ce projet ainsi que la possibilité d'encadrer un doctorant et un post-doctorant. C'est très stimulant. L'Inra ouvre ce dispositif aux chercheurs étrangers : c'est vraiment une preuve d'ouverture à des compétences et des idées nouvelles ! Chapeau à la France ! »

contact : gianni.bellocchi@clermont.inra.fr

(5) Unité mixte de recherche de l'Inra et de l'École nationale du génie rural, des eaux et des forêts.
(6) Unité mixte de recherche de l'Inra et l'Institut national supérieur des sciences agronomiques, de l'alimentation et de l'environnement de Dijon.

+d'infos

Campagne 2011 de concours chercheurs : du 20 janvier 2011 au 24 février 2011
Appel à candidatures pour deux « Packages scientifiques » : du 14 décembre 2010 au 2 mars 2011.

Repères :

127 des 1927 chercheurs de l'Inra sont de nationalité étrangère (chiffres 2009).
20 % de chercheurs étrangers ont été recrutés en 2009.
40 % des publications sont cosignées avec un ou plusieurs chercheurs étrangers en 2009, contre 34 % en 2001.
303 missions à l'étranger ont été réalisées par des agents de l'Inra entre 2006 et 2009.
102 projets européens impliquent l'Inra.
56 des 488 doctorants Inra diplômés en 2009 sont d'origine internationale.

REPORTAGE

des clowns À JOUY-EN-JOSAS

Une belle comédie aromatique


© Les passeurs d'ondes / Solène Legendre

La science serait soporifique ? En tout cas, pas quand les comédiens, s'inspirant des chercheurs de l'Inra, jouent leur pièce « Les clowns parlent du nez »... Ce suspense olfactif a vu le jour grâce à l'accueil de trois comédiens dans l'unité Neurobiologie de l'olfaction et modélisation en imagerie (NOeMI) de l'Inra à Jouy-en-Josas.

Sous les projecteurs, trois « scientaisistes » sont confrontés à une odeur de banane persistante. Qui a bien pu l'écraser ? Avec quel mobile ? Tandis que ses effluves rappellent au personnage de la commissaire son premier amour, il apparaît vite que la complexité de son odeur rend fou l'expert scientifique, qui voudrait la voir réduite à une seule molécule. Toute ressemblance avec des personnes ou des situations existantes ne saurait être que fortuite... Après quarante minutes de jeux de scène, le public a tout loisir d'en savoir plus sur la reconnaissance des odeurs en questionnant les véritables scientifiques présents dans la salle - Christine Baly, Marie-Christine Lacroix, Patrick Mac Leod, Edith Pajot, Roland Salesse ou Didier Trottier - qui ont accueilli les comédiens dans leur unité.

Pour Roland Salesse, les motivations étaient simples : « *on entend trop souvent « à quoi sert la recherche ? ». Le théâtre est un moyen de faire comprendre à tous la nécessité de la science en général et de susciter l'intérêt pour la neurobiologie olfactive en particulier. Et si le public est déjà initié à la science, il la considèrera sous un angle différent, moins figé que dans les livres.* » Le chercheur entend par ailleurs « *privilégier les médiateurs, qui sont des professionnels de la vulgarisation, à la différence des chercheurs, dont le langage reste étranger au commun des mortels. On compte 100 000 chercheurs pour 60 millions de Français, impossible d'imaginer que les premiers pourront s'adresser à chacun d'entre nous ! Les médiateurs, qui regroupent non seulement ceux qui ont pour métier la médiation scientifique mais aussi les enseignants, les journalistes et les artistes, permettent de démultiplier les messages scientifiques.* »

L'histoire commence en 2009 lorsque Roland Salesse, alors directeur de l'unité de Neurobiologie de l'olfaction et de la prise alimentaire (NOPA (1)) et Edith Pajot, directrice de l'unité NOeMI qui a succédé à NOPA en janvier 2010, sont contactés par Anne Rougée, animatrice de la compagnie « Les Passeurs d'Ondes ».

Cette compagnie a la particularité de mettre en scène des contenus scientifiques sur un mode burlesque. Après le succès de « La soupe aux oreilles » consacrée à l'ouïe, pourquoi ne pas en faire autant sur l'olfaction, un sens largement négligé dans notre société, alors qu'il nous est essentiel pour détecter des aliments dangereux ou des substances toxiques et qu'il fait gagner de substantielles parts de marché aux industries agroalimentaires et cosmétiques ? Les chercheurs sont emballés. Mais alors, comment travailler ensemble ? En ouvrant toutes grandes les portes du labo ! La résidence (2) s'étendra sur six mois au gré des questionnements des comédiens sur le système olfactif, jusqu'à la finalisation de leur pièce théâtrale.

© Inra / Bertrand Nicolas

MANIPULATIONS avec Roland Salesse à l'unité Inra NOeMI.

Poire, banane et acétate d'isoamyle

Premier temps pour les comédiens, s'approprier les connaissances scientifiques acquises au cours des vingt dernières années par les neurobiologistes. « *Nous avons enchaîné conférences, colloques, visites au laboratoire et tests olfactifs*, retrace Denis Falfoyo, l'un des trois comédiens. *Deuxième temps, être certain d'avoir tous compris la même chose. Très vite, des chiffres et des faits ont frappé notre imaginaire : des millions d'odeurs existent, résultant de la combinaison de centaines de milliers de molécules odorantes volatiles. L'odeur de la banane et celle de la poire sont par exemple constituées de molécules dont certaines sont communes, comme l'acétate d'isoamyle. Pourtant elles exhalent des parfums complètement distincts. Grâce à Linda Buck et Richard Axel, deux généticiens américains récompensés en 2004 par un prix Nobel, on sait que 350 à 400 gènes codent pour les protéines-réceptrices situées sur les neurones olfactifs qui tapissent notre nez. Ce sont elles qui détectent toutes les molécules odorantes, même si les humains ne distinguent que 10 000 odeurs. Or, d'un individu à l'autre, ces gènes diffèrent. De plus, chacun associe une odeur à une expérience émotionnelle. Bref, chacun de nous vit dans un monde olfactif qui lui est propre. C'est l'un des messages que nous avons voulu transmettre.* » Dernière étape, transformer les concepts scientifiques en langage scénique. « *Un vrai casse-tête !* » témoigne Eliane Le Van Kiem, metteur en scène. « *La créativité des artistes, beaucoup plus débridée que celle des chercheurs, les a conduits à des trouvailles très visuelles* » note Christine Baly, qui s'empare aussitôt d'immenses clés et serrures bleues que les clowns trimballent dans leur valise. Elles représentent les molécules odorantes et les fameux récepteurs olfactifs, pas encore tous identifiés et dont certains pourraient être utilisés par l'unité NOeMI pour concevoir un diagnostic olfactif de certains cancers.

Cette aventure renoue avec une tradition d'ouverture de l'Inra aux arts. Ainsi, dans les années 90, les connaissances du végétal, des biotechnologies animales, de l'entomologie et même de la génétique, ont influencé tour à tour sculpteurs, photographes, dessinateurs ou musiciens. Ce spectacle a, quant à lui, un prolongement pédagogique inédit : il sera représenté en janvier au centre Inra de Jouy-en-Josas dans le cadre d'une formation intitulée « Science, théâtre et médiation » destinée aux enseignants du secondaire des académies d'Ile-de-France. Les chercheurs y témoigneront des conditions dans lesquelles la résidence théâtrale s'est effectuée et interviendront pour partager leurs connaissances scientifiques. « *Les artistes inspirent aussi les chercheurs* » avoue finalement Roland Salesse, qui participera à un projet de recherche sur la création olfactive contemporaine (3).

Magali Sarazin



© Inra / Bertrand Nicolas

CHRISTINE BALY dissuade les clowns de mettre les clés dans leur nez.

(1) Unité mixte de recherche de l'Inra et de l'université Paris-Sud 11.
(2) Un financement de 2 500 euros a été obtenu auprès du centre Inra de Jouy-en-Josas, du club Aromagri et de l'Association pour le développement de la biologie cellulaire.
(3) « La création olfactive : du Kôdô vers les pratiques artistiques contemporaines », programme ANR coordonné par Chantal Jaquet, université Paris 1, Panthéon-Sorbonne.

+d'infos

contacts :

Coordinatrice des actions de formation : Catherine Foucaud-Scheunemann, catherine.foucaud@versailles.inra.fr
Directrice de la compagnie Les Passeurs d'Ondes : Anne Rougée, anne.rougee@lespasseursdondes.com, www.lespasseursdondes.com
Directrice de l'unité NOeMI : Edith Pajot, edith.pajot@jouy.inra.fr

en bref

Biotechnologie, nanotechnologie, écologie Entre science et idéologie

Marie-Hélène Parizeau

Entrant dans la sphère publique et s'éloignant de leur science d'origine, les nouvelles disciplines scientifiques suscitent craintes et espoirs. L'auteur illustre cette dualité à propos de la génétique et des biotechnologies, puis de la biologie de la conservation où elle débusque les idéologies. Elle met ses thèses à l'épreuve sur les nanotechnologies.

Éditions Quæ, collection Sciences en questions, nov. 2010, 92 p., 8,50 € (5,90 € en pdf)

Alimentation des bovins, ovins et caprins

Besoin des animaux, valeurs des aliments, tables Inra 2007 - une mise à jour 2010

Jacques Agabriel, coord.

L'édition 2010, remaniée, actualise les recommandations alimentaires des ruminants à partir des acquis récents de la recherche. Ouvrage indispensable aux éleveurs, il est régulièrement mis à jour. Il indique les besoins alimentaires des animaux, il fournit la composition des aliments et les tables de leur valeur nutritionnelle. Un CD-ROM permet une recherche plus aisée parmi les 1 250 fourrages et 200 aliments concentrés présentés.

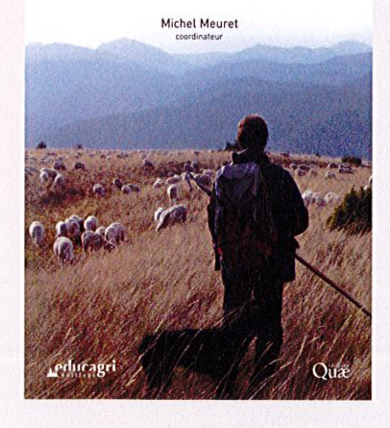
Éditions Quæ, collection Guide pratique, oct. 2010, 312 p., 17 € (8,50 € en pdf, sans CD-ROM)

Coopérations, territoires et entreprises agroalimentaires

Colette Fourcade, José Muchnik, Roland Treillon

Les auteurs observent de nouvelles formes d'organisation qui réunissent, à l'échelle territoriale, des acteurs de la filière agroalimentaire : producteurs, industriels, distributeurs, consommateurs. Ils étudient quinze cas concrets de ces « coopérations territorialisées en agroalimentaire » (CoTA)

Éditions Quæ, collection Update Sciences & technologies, août 2010, 136 p., 32 €, (22,40 € en pdf)



UN SAVOIR-FAIRE DE BERGERS

Michel Meuret, coord.

COÉDITION QUAE-EDUCAGRI, NOVEMBRE 2010, 336 P., 25 € (17,50 € en pdf)

Découvrez les multiples facettes du métier de bergers, au carrefour de quatre enjeux : « socio-économique », car le secteur est en proie à une concurrence féroce (plus de la moitié de la viande de mouton consommée sur le territoire est importée) ; « environnemental », à travers la conservation d'écosystèmes ou la création de paysages ; « foncier », pour l'entretien d'espaces, publics ou privés ; « éducatif », enfin, car l'ouvrage transmet des savoir-faire où s'entremêlent pratiques ancestrales et explorations scientifiques les plus récentes.

Ce livre, écrit avec des bergers, explicite les multiples dimensions qu'occupe le berger : l'espace, dont il doit tirer la subsistance de centaines de brebis durant quelques mois ; le temps, avec une vigilance de chaque seconde ; la météo, qui n'est clémente qu'au randonneur ; l'individu et son rapport aux animaux, où l'on ne sait plus si c'est l'homme ou la brebis qui compose le parcours et le menu du jour ; les territoires, dont des urbains écrivent les nouvelles règles d'usage sans penser aux raisons de « garder les bêtes ».

LES MALADIES ÉMERGENTES

Epidémiologie chez le végétal, l'animal et l'homme

Jacques Barnouin, Ivan Sache

EDITION QUAE, COLLECTION SYNTHÈSES, DÉCEMBRE 2010, 420 P., 45 € (31,50 € en pdf)

Les maladies émergentes, causes de crises sanitaires potentiellement dévastatrices, représentent un enjeu majeur pour la santé végétale, animale et humaine. Difficiles à anticiper en raison de leur caractère nouveau et imprévisible, elles suscitent une réflexion pluridisciplinaire et une analyse spécifique que propose cet ouvrage à travers des cas concrets de détection et d'analyses biologiques des émergences, de leur traitement statistique et des facteurs environnementaux qui les déterminent. Un ouvrage préfacé par Marion Guillou, PDG de l'Inra.

ELEVAGES ET ENVIRONNEMENT

Sandrine Espagnol, Philippe Leterme, coord.

EDITION QUAE-EDUCAGRI, COLLECTION SCIENCES EN PARTAGE, OCTOBRE 2010, 260 P., 29 € (20,30 € en pdf)

C'est un ouvrage conçu par un collectif d'auteurs issus des principales filières de l'élevage et de la recherche, dans le cadre du Réseau Mixte Technologique « Elevages et environnement ». Il rassemble quatre contributions synthétiques qui fournissent les bases scientifiques et techniques d'un élevage durable, à un moment où questions et débats font l'actualité sur le sujet. Pédagogique, illustré, avec une bibliographie abondante, ce livre s'adresse aux enseignants, formateurs et professionnels du domaine.

Agrimonde

Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050

Sandrine Paillard, Sébastien Treyer, Bruno Dorin, coord.

Quelles solutions pour nourrir neuf milliards de personnes à l'horizon 2050, tout en préservant les écosystèmes qui fournissent par ailleurs d'autres produits et services : protection des sols et des eaux, gestion de la biodiversité, stockage du carbone, régulation des inondations, production de bioénergies et de biomatériaux ? C'est à cette question essentielle que cette prospective réalisée par le Cirad et l'Inra tente d'apporter des réponses.

Éditions Quæ, collection Matière à débattre et décider, nov. 2010, 296 p., 42 € (50 € en anglais, 29,40 € en pdf)

OGM : pas de quoi avoir peur

Philippe Joudrier

Philippe Joudrier, ancien directeur de recherche à l'Inra, a présidé de 2006 à 2009 le comité d'évaluation des OGM de l'Afssa. A ce titre, il explique de manière accessible comment sont évalués les OGM en Europe et plus particulièrement en France. La multiplicité des étapes et des instances de contrôle fait des OGM, selon lui, les variétés les plus sures mises sur le marché. Ayant analysé auparavant la nécessité de renouvellement rapide des variétés, il conclue que la transgenèse est une voie incontournable d'amélioration génétique.

Éditions le Publieur, juillet 2010, 260 p., 19 €

Bioinformatique

Principes d'utilisation des outils

Denis Tagu, Jean-Loup Risler, coord.

Cet ouvrage vise à faciliter la prise en main par les chercheurs des outils de la bioinformatique, discipline à l'interface de la biologie et de l'informatique. Cinquante-huit fiches thématiques permettent de s'approprier ces outils et de choisir les plus adaptés pour des besoins précis (analyse, stockage ou visualisation de données).

Éditions Quæ, collection Savoir-faire, oct. 2010, 272 p., 28 € (19,60 € en pdf)

éditions Quæ

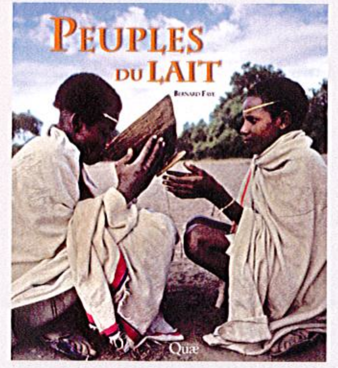
www.quae.com

c/o
Inra - RD 10 -
F-78026
Versailles
Cedex

PEUPLES DU LAIT

Bernard Faye, avec Pascal Bonnet, Christian Corniaux, Guillaume Duteurtre

EDITION QUAE, OCTOBRE 2010, 160 P., 29,50 € (20,60 € en pdf)



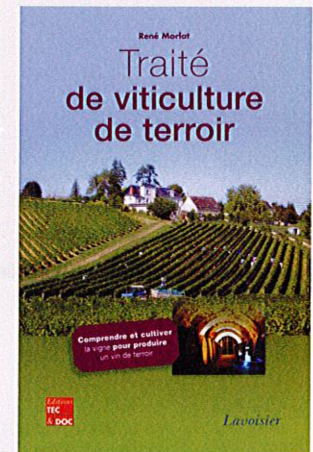
Ce livre est un cheminement vers des populations du monde dont le dénominateur commun est de produire, transformer, transporter, échanger du lait. Lait des villes ou lait des champs, lait de brousse ou lait de steppe, lait des riches ou lait des pauvres… Ce voyage photographique invite à faire des escales à travers le temps, les continents et les espèces animales à propos de ce si précieux liquide alimentaire qu'est le lait.

TRAITÉ DE VITICULTURE DE TERROIR

Comprendre et cultiver la vigne pour produire un vin de terroir

René Morlat

EDITIONS TEC & DOC LAVOISIER, JUIN 2010, 492 P. + 32 p. d'illustrations, 124 € (www.lavoisier.fr)



Comme le dit sa préface, le livre aurait pu s'intituler « Vigne, milieu, typicité, 40 années d'agronomie des terroirs viticoles ». René Morlat, directeur de recherches à l'Inra, y a rassemblé les connaissances acquises par les laboratoires de recherche qu'il a fréquentés, sur les relations étroites entre sol, vigne, vendange et vin. Avec des chapitres techniques et des synthèses, ce traité représente l'actualité des savoirs scientifiques, vus à partir de la pédologie et de l'agronomie. C'est une étape vers la compréhension et la modélisation de la longue chaîne de processus allant de la nature du sol jusqu'aux perceptions sensorielles de produits. En plus des curieux qui voudraient découvrir le mot « terroir », cet ouvrage est destiné à l'enseignement, aux professionnels des sols ou de la filière viti-vinicole, et il peut aussi intéresser le commerce pour l'explication de cette notion assez complexe.



CAHIERS AGRICULTURES

EDITIONS JOHN LIBBEY EUROTEXT

Coup de projecteur sur la revue scientifique « Cahiers d'études et de recherches francophones-Agricultures », revue scientifique soutenue entre autres par l'Inra, le Cirad, l'IRD (6 numéros par an depuis 1992). A noter les articles du dernier numéro (5-2010) « Transformations des systèmes d'élevage et du travail des éleveurs » ; et le numéro spécial de mars 2010 « Le commerce équitable en questions ».

Articles en ligne : www.cahiersagricultures.fr ou revue papier sur abonnement

REGARD

Alimentation, travaillons ensemble


© Inra / Christophe Maître

Alors que le Conseil National de l'Alimentation (CNA) fête ses 25 ans, son secrétaire interministériel, Alain Blogowski, nous parle de cette instance consultative et de ses liens avec l'Inra.

Alain Blogowski, comment travaillez-vous avec l'Inra ?

Alain Blogowski : Il est rare que des chercheurs de l'Inra ne soient pas associés aux réflexions de nos groupes de travail, que ce soit comme membres, experts auditionnés, voire présidents ou rapporteurs de groupe. De plus, membres permanents et groupes de travail utilisent vos résultats comme sources documentaires. L'Inra est par ailleurs membre de droit du CNA, comme d'autres établissements publics scientifiques, l'Agence française de sécurité sanitaire, ou les collectivités territoriales.

Le CNA s'appuie sur les travaux de l'Inra mais aussi sur ceux de beaucoup d'autres instances : l'Anses (1), l'Inserm, les enquêtes de consommation... Notre vocation est d'aider les décideurs, mais nous ne nous substituons pas aux institutions scientifiques, ni à celles d'évaluation ou aux professionnels. Il faut bien voir ce que nous faisons. Nous sommes une instance de concertation et de propositions, nous élaborons des recommandations à destination des pouvoirs publics et de l'ensemble des acteurs (publics ou privés) de la chaîne alimentaire, nous apportons une expertise sociétale. Le CNA ne diligente pas d'enquêtes, ne produit pas de connaissances, il utilise celles qui existent déjà et plus il y en a, mieux c'est pour alimenter les réflexions.

Comment fonctionne le CNA ?

A. B. : Un groupe de travail est constitué lorsque le CNA est saisi d'un sujet par les pouvoirs publics, par une partie de ses membres ou par son président. Selon la nature du thème à traiter, la durée d'un groupe est de 6 à 18 mois jusqu'à l'adoption de l'avis en séance plénière. Chaque groupe est constitué de personnalités de sensibilités différentes, issues de nos collèges ou venant de l'extérieur. Un avis publié résulte de la formulation du consensus qui a émergé lors des réunions. Il peut être assorti de positions divergentes, si des antagonismes se sont révélés entre collèges. Les suites données aux avis et recommandations sont l'objet de bilans qui, comme les avis, donnent lieu à publication. Enfin, certains sujets reviennent périodiquement sur la table des débats.

Depuis près de trois ans que vous êtes en fonction, quelles sont les principales inflexions que vous avez insufflées au CNA ?

A. B. : Notre première priorité a été d'accentuer la visibilité du CNA. Avec la création du site web en octobre 2008, nous avons rendu accessible à un large public l'intégralité des avis adoptés depuis l'origine. Nous publions également une Newsletter hebdomadaire sur l'actualité de l'alimentation. Nous mettons bien sûr l'accent sur la communication des avis les plus récents, même si des sujets importants sont toujours à l'ordre du jour, comme la restauration scolaire (2004), l'alimentation des personnes âgées (2005),

l'obésité infantile (2006). Notre dernier avis sur la qualité nutritionnelle des produits « hard discount » et « premiers prix », de mars 2010, a été largement repris par les médias. Il en a été de même lors de l'annonce récente de la mise en place d'un groupe de travail sur les farines animales.
Nous poursuivons toujours notre action sur les messages « nutrition-santé ». Mais, parmi les inflexions, n'oublions pas le plaisir et la convivialité, qui rejoignent aussi des actions sur le terrain, notamment avec la reconnaissance de nos modes de production tout à fait originaux ou un travail sur l'éducation. Une fois par an, la séance plénière du CNA se déroule en région, dans le cadre d'un partenariat avec des collectivités territoriales, l'enseignement supérieur agricole et les organismes de recherche. A cette occasion, la séance suivie d'un forum traitant d'un thème en relation avec l'alimentation est ouverte au public. Et comme en France, on ne peut pas parler d'alimentation sans parler de terroirs et de vins, notre séance plénière des 25 ans s'est déroulée cette année à Saint-Emilion, sur le thème « vin et société ».

Quels avis marquants pouvez-vous nous citer ? Quelle est votre actualité ?

A. B. : Parmi les derniers avis adoptés, je citerai la consommation de produits issus d'animaux clonés (2008), l'éducation alimentaire, la publicité alimentaire, l'information nutritionnelle et l'évolution des comportements alimentaires (2009), les besoins des personnes intolérantes ou allergiques à certains aliments (2010). L'étiquetage des aliments et ingrédients constitués d'OGM ou issus d'OGM a été traité en 2001. Je voudrais aussi rappeler l'avis de 1994 sur l'alimentation des plus démunis, et que le Conseil s'est penché sur les liens entre exclusion sociale et alimentation en 2002. En 1995, un avis concluait déjà que « seule une alimentation diversifiée assure un bon équilibre nutritionnel ». Concernant les activités de l'Inra, mentionnons l'avis sur les perspectives pour l'avenir de la recherche de 2003.
Parmi les questions d'actualité, reste celle de l'alimentation des personnes en situation précaire, puisqu'aujourd'hui environ trois millions de personnes bénéficient de l'aide alimentaire en France. Ce sujet, comme beaucoup d'autres, a été traité dans le cadre du rapport remis en juin dernier à Bruno Le Maire et a fait l'objet de recommandations dont un grand nombre ont été reprises dans le Programme national pour l'alimentation. Ce rapport rassemble les avis et expertises de plus de 150 acteurs de la chaîne alimentaire qui ont confronté leurs idées pendant quatre mois au travers de 26 réunions, sur les multiples facettes de l'alimentation.

Avez-vous un message pour les chercheurs ?

A. B. : Les connaissances scientifiques sont désormais de plus en plus nombreuses, mais dans le même temps de plus en plus atomisées. La société civile ne parvient plus à se les approprier facilement. A titre d'exemple, les industriels qui veulent améliorer la qualité nutritionnelle de leurs produits, mieux comprendre les comportements alimentaires des consommateurs, ou rendre les informations relatives à leurs produits plus facilement accessibles et compréhensibles par les acheteurs, attendent aujourd'hui un appui plus opérationnel de la part des chercheurs qui travaillent sur ces sujets. Je ne dis pas que les chercheurs d'aujourd'hui ne se préoccupent pas des réactions de la société, ou ne savent pas transmettre leurs connaissances. Le fonctionnement de nos groupes de travail prouve chaque semaine le contraire ! Je pense néanmoins que certaines publications, notamment celles disponibles aujourd'hui uniquement en anglais, devraient être mieux valorisées, traduites dans notre langue et faire l'objet d'un travail de vulgarisation auprès d'un large public. En ce sens, la dernière expertise collective de l'Inra sur « les comportements alimentaires » est un bon exemple de documents utilisables par le CNA.
Pour conclure, je souhaite rappeler que, comme dans le commerce et la distribution, il faut toujours être très attentif à ne pas sous-estimer les difficultés de « la logistique du dernier kilomètre » et, donc, à chercher ensemble comment améliorer les transferts de connaissances entre les travaux des chercheurs et les besoins des différents acteurs de la chaîne alimentaire. ●

Propos recueillis par Brigitte Cauvin

25 ans de CNA, 67 avis... et un PNA

Depuis sa création, le CNA a rendu 67 avis (2) sur la politique de l'alimentation. Son rôle vient d'être renforcé par la loi 2010-874 de modernisation de l'agriculture et de la pêche qui l'associe à l'élaboration du Programme national pour l'alimentation et au suivi de sa mise en œuvre. Il dispose d'un secrétariat interministériel placé auprès des ministres chargés de l'agriculture et de l'alimentation, de la santé et de la consommation.
Il est composé de 49 membres permanents bénévoles, proposés par leur institution d'origine, regroupés en sept collèges qui représentent l'éventail des acteurs de la chaîne alimentaire : associations de consommateurs et d'usagers, producteurs agricoles, secteur de la transformation et de la distribution agroalimentaire, restauration, salariés et personnalités qualifiées.

Présidents successifs :* *Pr Jean-Jacques Bernier, Pr Christian Cabrol, Christian Babusiaux, Philippe Guérin. Depuis 2009, le CNA est présidé par Bernard Vallat, Directeur général de l'Organisation mondiale de la santé animale.

(1) Anses : agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
(2) Voir tous les avis sur le site web : www.cna-alimentation.fr

+d'infos
web :
www.cna-alimentation.fr

AGENDA

15/16 février
PARIS

43e journées de la recherche porcine
Initiée par l'Inra et l'Institut du porc (IFIP), cette manifestation permet la diffusion directe des résultats de recherche qui peuvent contribuer à la compétitivité de la filière, tout en répondant aux nouvelles demandes sociétales comme le respect de l'environnement et le bien-être des animaux, ou encore la sécurité alimentaire des produits proposés aux consommateurs.
Six sessions thématiques se succéderont.
WWW.journees-recherche-porcine.com

19/27 février
PARIS

L'Inra au Salon international de l'agriculture
Plus de 650 000 visiteurs sont attendus à la plus grande ferme de Paris, qui attire 20 % de professionnels. Sur le stand de l'Inra, des scientifiques venus de sept centres de recherche de l'Institut présenteront au public quizz et animations sur leurs recherches en santé animale et santé végétale.
Colloque et rencontres thématiques favoriseront les échanges avec les partenaires professionnels.
WWW.inra.fr

20/24 février
PARIS

L'Inra au Salon international du machinisme agricole
L'Inra sera à l'espace « Bonnes pratiques agricoles » pour présenter ses recherches générant des innovations agronomiques en productions végétales. Des chercheurs de l'Inra présenteront leurs recherches en matière de sylviculture, de forêts et tempêtes ; d'agriculture périurbaine ainsi que sur les grandes cultures économes en pesticides ; la qualité des fruits et légumes et les performances agronomiques, écologiques et économiques des légumineuses.
A noter : le colloque, mercredi 23 février.
WWW.inra.fr

8/10 mars
LILLE

IVe Conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures
Organisée par l'Association française de protection des plantes et la Fédération régionale de défense contre les organismes nuisibles du Nord Pas-de-Calais.
Les séances plénières font le point sur les principales méthodes alternatives concernant toutes les cultures (grandes cultures, pomme de terre, viticulture, cultures ornementales, arboriculture fruitière, cultures légumières, petits fruits, etc.) dans le nouveau cadre législatif et réglementaire.
WWW.afpp.net

11/15 avril
EDIMBOURG

Nitrogen 2011
Cet événement mondial rassemblera scientifiques et décideurs pour connaître les dernières avancées scientifiques sur le rôle de l'azote dans le changement climatique, en faisant le bilan de tous les programmes européens concernant le cycle de l'azote, en particulier NitroEurope Integrated Programme.
WWW.www.nitrogen2011.org

18/21 avril
AVIGNON

Symposium euro-méditerranéen sur la transformation des fruits et légumes
Composante essentielle de l'alimentation de l'homme, les fruits et légumes sont le plus souvent consommés après transformation. Organisé par l'Inra et l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, ainsi que par le Centre technique de la conserve et des produits appertisés et le Pôle européen d'innovation fruits et légumes, le symposium fait le point, pour les chercheurs mais aussi pour les groupes industriels, PME et TPE, sur les nouvelles connaissances et les innovations.
https://colloque.inra.fr/fruitvegprocessing

Ecologisation des politiques et des pratiques agricoles



L'objectif du colloque est de faire le point et de tracer des perspectives pour favoriser l'intégration de considérations environnementales dans les politiques publiques sectorielles agricoles et territoriales. Il se veut un moment de partage entre chercheurs et praticiens (organisations professionnelles agricoles, parcs naturels, conservatoires, collectivités locales...), avec une grande diversité de points de vue : depuis des expériences innovantes d'associations ou de collectivités locales, jusqu'aux résultats de recherche sur les effets des pratiques agricoles sur l'environnement.



Unité d'Ecodéveloppement
Département SAD
Centre de recherche PACA

Renseignements et inscription : https://colloque.inra.fr/ecologisation_avignon

Partenaires : MAAP, MEEDDM, Région PACA, ACTA, Parcs nationaux de France, Parcs naturels régionaux de France, Les Conservatoires d'espaces naturels, CDC Biodiversité, Association de science régionale de langue française, Chambres d'agriculture, CIVAM, Eccorev